

ANTEPROYECTO FIN DE GRADO:

PASARELA PEATONAL EN LA RÍA DE FOZ, ENTRE FOZ Y BARREIROS

FOOTBRIDGE OVER THE RÍA DE FOZ, BETWEEN FOZ AND BARREIROS.



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de A Coruña

Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil

Autor: Pablo Ramos Somoza

Tutor: Antonio González Meijide

Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ÍNDICE GENERAL

Documento Nº1: Memoria

Memoria Descriptiva

Memoria Justificativa

Anejo 1: Objeto del Anteproyecto

Anejo 2: Antecedentes

Anejo 3: Cartografía y Topografía

Anejo 4: Geología y Geotecnia

Anejo 5: Estudio de Alternativas

Anejo 6: Definición de la Estructura

Anejo 7: Cálculos

Anejo 8: Itinerario Peatonal

Anejo 9: Impacto Ambiental

Anejo 10: Reportaje Fotográfico

Documento Nº2: Planos

Documento Nº3: Presupuesto

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

Memoria descriptiva 3

1. Antecedentes y Objeto del proyecto 5

2. Situación actual..... 5

2.1. Puertos 5

2.2. Playas 5

3. Cartografía 5

4. Geología y geotecnia 6

5. Valoración de las alternativas..... 6

6. Descripción de la solución adoptada..... 7

6.1. Parte fija..... 7

6.2. Parte móvil..... 7

6.3. Itinerario peatonal..... 8

7. Proceso constructivo 9

8. Estudio de seguridad y salud..... 9

9. Gestión de residuos..... 9

10. Plazo de ejecución..... 9

11. Resumen del presupuesto 9

12. Conclusión 10

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

El presente anteproyecto tiene como objetivo superar los créditos correspondientes a la asignatura *Proyecto Fin de Grado* (P.F.G.) de la titulación *Grado en Tecnologías de la Ingeniería Civil* (TECIC) que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña.

Este trabajo se titula "Pasarela peatonal sobre la ría de Foz, entre Foz y Barreiros", cuyo objetivo es la construcción de una pasarela peatonal sobre la ría de Foz a su paso por los ayuntamientos de Foz y Barreiros, al norte de la provincia de Lugo.

La construcción de la pasarela pretende conseguir un punto de conexión más accesible entre los dos núcleos, pues actualmente el punto más cercano por donde se puede cruzar la ría es el puente de la N – 634, situado a las afueras de ambas localidades.

2. SITUACIÓN ACTUAL

La ría de Foz está constituida por la desembocadura del río Masma al Norte de la provincia de Lugo. La actuación de proyecto se ubica en el margen izquierdo y derecho de la ría, en los términos municipales de Foz y Barreiros.

Es una ría de muy escaso calado por los problemas de sedimentación que se han originado a causa de las sucesivas actuaciones sobre la misma, que han ido estrechando su desembocadura originando además fuertes corrientes.

2.1. PUERTOS

En la margen izquierda de la ría existen dos puertos integrados en el casco urbano de Foz, uno pesquero y otro deportivo. Históricamente existió en la villa una gran actividad pesquera y el puerto de Foz era el más importante en una amplia franja del litoral. Sin embargo, por los problemas de escasez de calado, siempre presentes en la ría y agravados por las sucesivas actuaciones en ella realizadas, la actividad pesquera fue menguando progresivamente.

En la actualidad casi la totalidad de las embarcaciones que atracan en ambos puertos son de carácter recreativo, y solo quedan 7 buques pesqueros que se dedican a la pesca con cerco y artes menores.



Ubicación de los puertos en el entorno de la ría

2.2. PLAYAS

Entre los municipios del litoral lucense, conocido como A Mariña, Foz y Barreiros destacan por su idoneidad de características para atracción de turismo (por su clima, sus parajes naturales, su tranquilidad...) por lo cual, y a fin de paliar la desaparición de la actividad pesquera, se trata de potenciar el municipio en este sentido.

Las principales playas en la zona de la actuación son Yas y A Rapadoira en Foz y la playa de Altar en Barreiros.

3. CARTOGRAFÍA

Para la redacción del presente anteproyecto, se ha empleado como base la cartografía digitalizada de Foz a escala 1:5000 facilitada por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de A Coruña.

4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

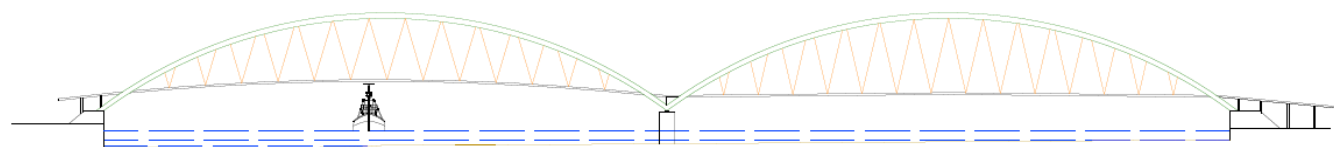
Puesto que este es un trabajo académico, no se dispone de los medios necesarios para la realización de un estudio geológico y geotécnico completo. Para la elaboración del estudio de Geología y Geotecnia se ha empleado información obtenida del Instituto Geográfico y Minero de España (IGME), concretamente se ha utilizado la hoja número 9 del Mapa Geológico de España (MAGMA); así como la Hoja 2-1/1 del Mapa Geotécnico General y sus correspondientes Memorias.

La zona de actuación presenta unas características bastante homogéneas. En superficie se aprecia un primer estrato limo – arenoso cuyas propiedades y espesores se mantienen aproximadamente constantes en toda la Ría. Por debajo nos encontramos con un estrato de esquistos con un elevado grado de alteración de, aproximadamente, 3 metros de espesor. Tras esta capa se encuentran los esquistos sanos, con un bajo grado de alteración.

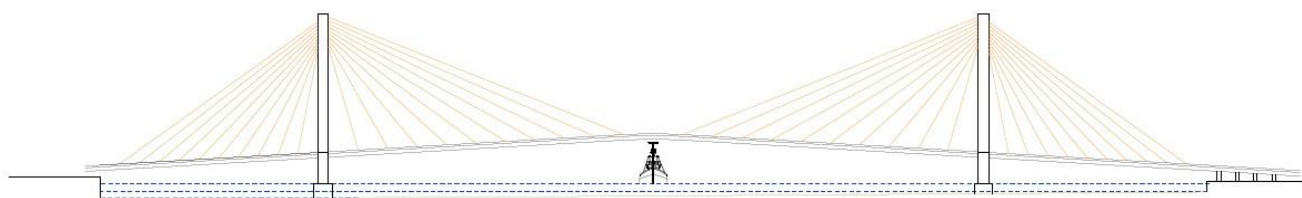
5. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En el Anejo 5: Estudio de alternativas, se ha hecho un completo estudio con el fin de determinar la solución más idónea para superar las necesidades y condicionantes existentes, de manera que se alcancen los objetivos perseguidos con la construcción de esta pasarela.

Se plantean seis alternativas: tres de ellas fijas, y otras tres con un tramo móvil. A continuación se muestra una imagen de cada una de ellas:



Alternativa 1

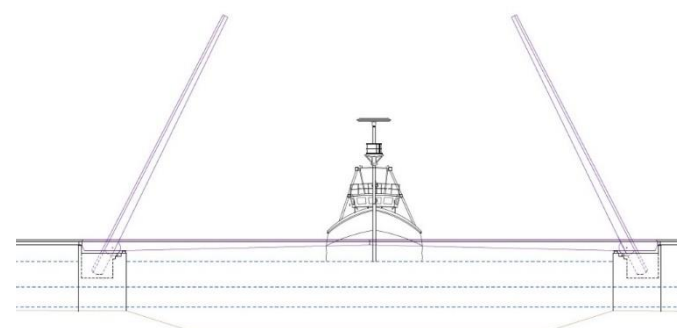


Alternativa 2

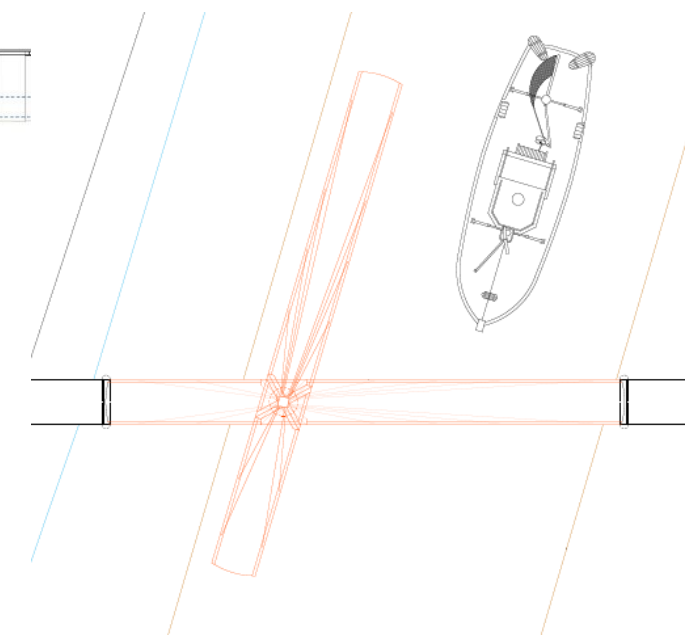


Alternativa 3

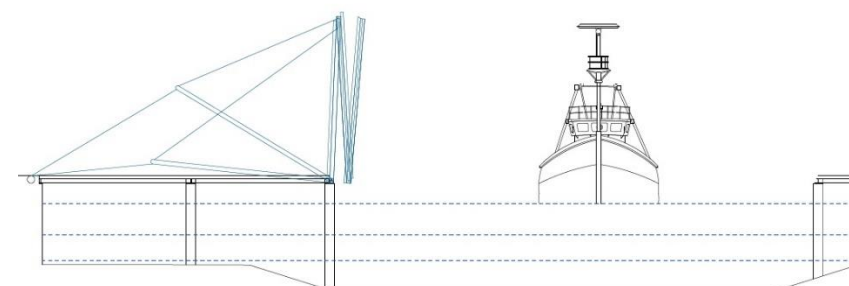
Para las siguientes tres alternativas el tramo fijo es común a todas ellas y la diferencia es la tipología del tramo móvil.



Alternativa 4.1



Alternativa 4.2



Alternativa 4.3

Tras la realización de un análisis multicriterio, por los métodos de las medias ponderadas y Press, se determinó que la mejor solución era la 4.2 teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Presupuesto
- Gálibo
- Impacto visual
- Impacto sobre la ría
- Accesibilidad
- Construcción

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Podemos considerar la estructura en dos partes diferenciadas:

Por un lado tenemos el elemento móvil, compuesto por una torre metálica, apoyada sobre una pila de hormigón, que sustenta mediante un sistema de tirantes un tablero mixto de acero y hormigón encargado de soportar el pavimento.

Por otro lado tenemos dos tramos fijos, formados por un tablero mixto en forma de cajón de acero, con una losa superior de hormigón; todo ello apoyado sobre pilas de hormigón, encargadas de transmitir las cargas al terreno.

Además una parte muy importante del presente proyecto sería la relativa a los mecanismos que hacen posible el movimiento. Dado el carácter académico del mismo, y a que el conocimiento sobre el funcionamiento y diseño de los mismos se escapa del ámbito de la ingeniería civil, el sistema de mecanismos se ha descrito de manera esquemática y simplificada.

6.1. PARTE FIJA

La sección transversal del tablero consiste en un cajón metálico de 4 metros de ancho y 0.5 de canto y una losa de hormigón armado de 15 cm de espesor. El cajón está constituido por chapas de acero de 25mm de espesor y en su parte interior dispone de dos refuerzos en forma de "T", realizados con la misma chapa que el resto del tablero, para mejorar el comportamiento de la sección. El pavimento será de madera de pino con tratamiento de autoclave.

La unión entre el tablero metálico de la pasarela y las pilas de hormigón se realiza mediante dos tipos diferentes de apoyos: Uno fijo de neopreno confinado tipo "POT" y uno móvil de Neopreno - Teflón.

Las pilas serán de hormigón armado HA-35 y armaduras pasivas en acero B-500SD. Su sección transversal será circular disponiendo de un recubrimiento de 40 mm. El acabado exterior será pulido para dificultar el agarre de algas y suciedad sobre las mismas. El diámetro será de 550 mm.

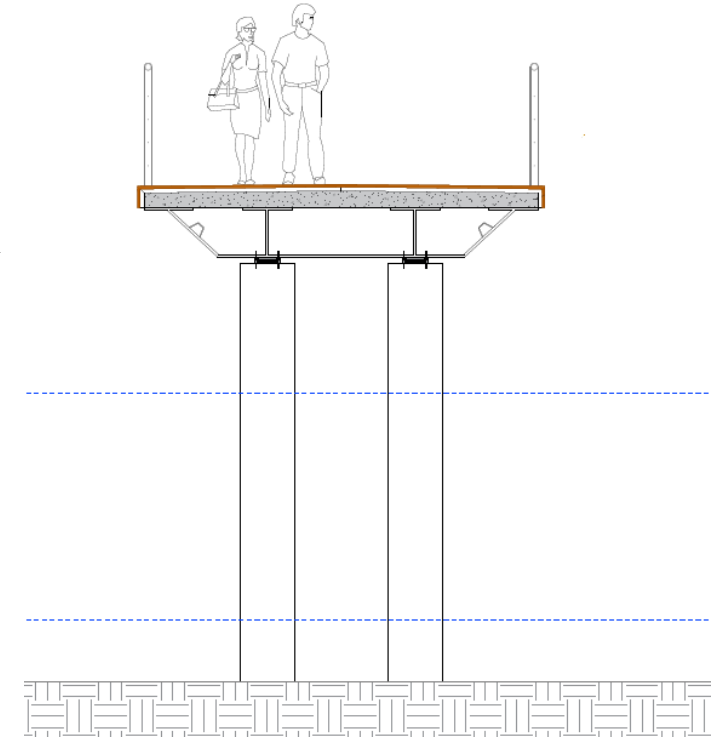
Para la cimentación de las pilas se dispondrán pilotes pretensados hincados unidos mediante un encepado.

6.2. PARTE MÓVIL

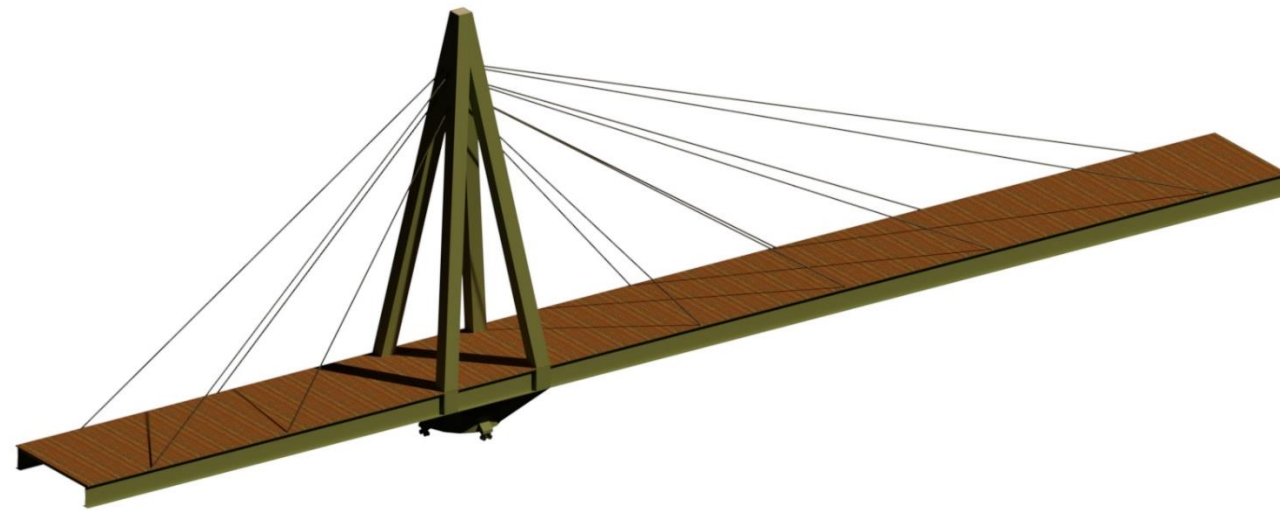
En el caso de la parte móvil, el tablero está dividido en dos vanos suspendidos mediante cables, uno principal de 28,00 metros y otro de compensación de 13,47 metros. Estará formado por una sección mixta compuesta por dos vigas longitudinales IPE 750 arriostradas transversalmente mediante perfiles de sección cuadrada de 300 mm de lado. Todo ello rematado con una losa de hormigón de 10 cm de espesor.

El pavimento será el mismo que en la parte fija de la pasarela: madera de pino con tratamiento de autoclave, y además de cumplir las mismas características especificadas anteriormente, será dotado de una pendiente del 1% para facilitar la evacuación de las aguas pluviales.

En el vano corto se dispondrán unas chapas de acero de 20 mm de espesor para actuar como contrapeso.



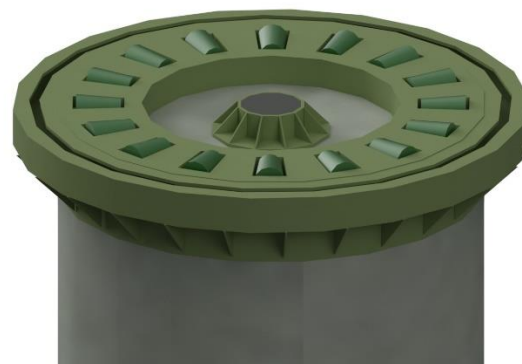
Sección transversal de la parte fija



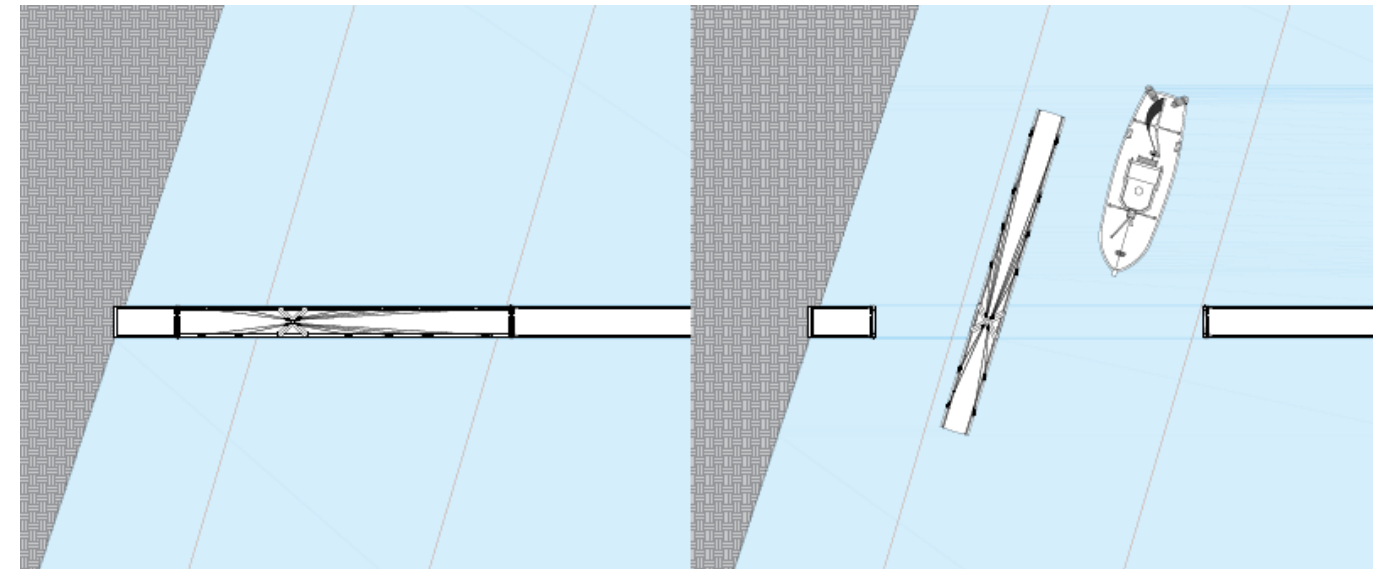
Tramo móvil

En el punto de rotación (Pila 2) se dispondrá una placa resbaladera en la parte inferior del tablero y unos rodamientos en la parte superior de la pila. Así mismo se colocará un carril en el que encajarán las ruedas exteriores de la parte móvil.

Para realizar la maniobra, un motor conectado a un piñón (ubicado en la pila) hará girar una corona dentada soldada al tramo móvil; lo que desplazará la misma alrededor de la pila 2 produciendo el movimiento de rotación.



Apoyo central



Maniobra de apertura del tramo móvil

Los detalles de la solución adoptada se pueden consultar en el Anejo 6: Definición de la estructura; además los detalles del cálculo de la misma se pueden consultar en el Anejo 7: Cálculos.

6.3. ITINERARIO PEATONAL

En el extremo Este de la pasarela, al sur de la playa de Altar, se ejecutará una senda peatonal para dar una salida a la misma y comunicarla, tanto con la playa de Altar, como con los núcleos residenciales de Barreiros.

Se pueden consultar los detalles del paseo propuesto en el Anejo 8: Itinerario peatonal

7. PROCESO CONSTRUCTIVO

A continuación se describen las operaciones más importantes a efectuar durante el proceso de ejecución de las obras.

- Construcción de la península provisional del lado Oeste y ejecución del estribo Oeste.
- Hincado de los pilotes, ejecución de los encepados y de las pilas.
- Traslado, izado y colocación del tablero perteneciente al tramo fijo.
- Hormigonado de la losa superior y colocación del pavimento y la barandilla.
- Traslado, izado y colocación del tablero, torre y cables pertenecientes al tramo móvil.
- Tesado de los cables.
- Hormigonado de la losa superior y colocación del pavimento y la barandilla.
- Retirada de la península provisional.
- Ejecución de la explanación para el itinerario peatonal y del estribo Este.
- Construcción de la península provisional del lado Este.
- Hincado de los pilotes, ejecución de los encepados y de las pilas.
- Traslado izado y colocación del tablero perteneciente al tramo fijo.
- Hormigonado de la losa superior y colocación del pavimento y la barandilla.
- Retirada de la península provisional y finalización del paseo peatonal.

8. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

En un proyecto constructivo será necesario incluir un estudio de seguridad y salud que establecerá las medidas necesarias para la prevención de riesgos laborales durante la ejecución de la obra. Pero, como este documento es un anteproyecto, no será necesaria la incorporación de dicho estudio. De todas formas, en la redacción del presupuesto se ha incluido una partida alzada en concepto de seguridad y salud.

9. GESTIÓN DE RESIDUOS

Como este documento es un anteproyecto, no será necesaria la incorporación de un anejo de gestión de residuos donde se describa detalladamente las operaciones a realizar con los residuos de construcción generados. Aun así, en la redacción del presupuesto se ha incluido una partida alzada en concepto de gestión de residuos.

10. PLAZO DE EJECUCIÓN

Se estimará un plazo de ejecución orientativo de las obras de DOCE meses, en base a lo estipulado en proyectos constructivos de obras de características similares a la que se describe en el presente documento.

11. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulos	€	%
Capítulo 1: Proceso constructivo	589.360,10	17,57
Capítulo 2: Cimentaciones	281.893,63	8,40
Capítulo 3: Subestructura	80.590,38	2,40
Capítulo 4: Superestructura	2.012.414,05	59,98
Capítulo 5: Pavimentos y acabados	166.174,65	4,95
Capítulo 6: Dispositivos móviles	98.219,41	2,93
Capítulo 7: Itinerario peatonal	51.049,32	1,52
Capítulo 8: Prueba de carga	25.000,00	0,75
Capítulo 9: Gestión de residuos	20.000,00	0,60
Capítulo 10: Seguridad y salud	27.000,00	0,80
Capítulo 11: Varios	3.450,24	0,10
TOTAL :	3.355.151,78	100
Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.)		3.355.151,78 €
Gastos Generales	13%	436.169,73 €
Beneficio Industrial	6%	201.309,11 €
Gastos Generales + Beneficio Industrial		637.478,84 €
Presupuesto Base de Licitación sin I.V.A.		3.992.630,62 €
I.V.A.	21%	838.452,43 €
Presupuesto Base de Licitación con I.V.A.		4.831.083,05 €
Presupuesto General		4.831.083,05 €

El presupuesto total asciende a la cantidad de CUATRO MILLONES, OCHOCIENTOS TREINTA Y UN MIL OCHENTA Y TRES EUROS CON CINCO CÉNTIMOS.

12. CONCLUSIÓN

Tras lo desarrollado a lo largo de la memoria, los planos y el presupuesto, que se encuentran contenidos en este trabajo fin de grado, se supone que se ha hecho una definición correcta y ajustada, de acuerdo con el nivel de detalle exigido para un anteproyecto. De tal modo que, se somete el mismo a evaluación y aprobación, si procede, por parte del Tribunal de Proyecto de Fin de Grado de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña.

A Coruña, Junio de 2016

El autor del anteproyecto:



Pablo Ramos Somoza

MEMORIA JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

- Anejo 1: Objeto del Anteproyecto
- Anejo 2: Antecedentes
- Anejo 3: Cartografía y Topografía
- Anejo 4: Geología y Geotecnia
- Anejo 5: Estudio de Alternativas
- Anejo 6: Definición de la Estructura
- Anejo 7: Cálculos
- Anejo 8: Itinerario Peatonal
- Anejo 9: Impacto Ambiental
- Anejo 10: Reportaje Fotográfico

ANEJO 1: OBJETO DEL ANTEPROYECTO

ÍNDICE

1.

Introducción.....

15

2.

Objeto del anteproyecto

15

3.

Encargo del anteproyecto.....

15

1. INTRODUCCIÓN

El presente anteproyecto tiene como objetivo superar los créditos correspondientes a la asignatura *Proyecto Fin de Grado* (P.F.G.) de la titulación *Grado en Tecnologías de la Ingeniería Civil* (TECIC) que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña.

Este trabajo se titula "Pasarela peatonal sobre la ría de Foz, entre Foz y Barreiros", se estructura en tres documentos: Memoria, Planos y Presupuesto que tratarán de definir, valorar y justificar las actuaciones más importantes para la ejecución de una pasarela peatonal entre los ayuntamientos de Foz y Barreiros (Lugo).

Se debe considerar que, a pesar de la formalidad del mismo, debido a su índole académica, se admiten algunas simplificaciones que no se podrían permitir en un proyecto real.

2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

El objetivo de este anteproyecto es ofrecer una solución para cruzar la ría de Foz y así poder conectar los municipios de Foz y Barreiros, permitiendo a la población que vive en ambas márgenes de la Ría cruzar de un lado a otro sin necesidad de recurrir al puente de la N-642.

Para ello se analizan diferentes alternativas, se escoge una de ellas y se desarrollan con mayor nivel de detalle los aspectos propios de un anteproyecto, incluyendo algunas de las soluciones constructivas y una estimación de su coste.

3. ENCARGO DEL ANTEPROYECTO

Se parte de la suposición de que este anteproyecto se realiza por encargo de la administración central, en concreto Demarcación de Costas del Estado, pertenencia al Dominio Público Marítimo Terrestre. Sin embargo podrían ser los Ayuntamientos tanto de Foz como de Barreiros, los que promoviera el llevar a cabo la actuación.

ANEJO 2: ANTECEDENTES



ÍNDICE

- 1. Introducción..... 18
- 2. Ubicación..... 18
- 3. Disponibilidad de terrenos..... 18
- 4. Situación Actual 18
 - 4.1. Puertos 18
 - 4.2. Barra de arena y acceso a la playa de altar 19
- 5. Normativa 19
- 6. Justificación del anteproyecto..... 20
- Apéndice 1: Dominio Público Marítimo Terrestre 21

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se tratará de situar el presente anteproyecto en el marco legal y en la situación actual de la ría, tanto en los aspectos normativos como en los de protección. Todos ellos son hechos a considerar para la realización de la obra. Finalmente se pretenden explicar los motivos que llevan a la redacción de este anteproyecto.

2. UBICACIÓN

La actuación se ubica en la provincia de Lugo, entre los ayuntamientos de Foz y Barreiros, ubicado al norte de la misma, en el enclave conocido como la Mariña Lucense. Las obras proyectadas se sitúan en la desembocadura del río Masma, concretamente en la ría de Foz.

Las dos localidades están conectadas por la N – 642 a través de un puente construido a unos 5 kilómetros al sur de Foz, posteriormente la N – 634 recorre el ayuntamiento de Barreiros paralelamente a la costa. Para comunicar ambos municipios con la parte interior de la Provincia de Lugo se emplea la propia N – 634 o la Autovía del Cantábrico (A8).



Detalle de las conexiones entre Foz y Barreiros

3. DISPONIBILIDAD DE TERRENOS

Los terrenos en los que se proyecta la actuación pertenecen al Dominio Público Marítimo Terrestre, y dependen por tanto de la Demarcación de Costas perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

En el Apéndice 1 del presente anejo se detalla el deslinde del Dominio Público Marítimo Terrestre.

4. SITUACIÓN ACTUAL

4.1. PUERTOS

Podemos situar dos puertos en la localidad de Foz, en la margen izquierda de la ría; uno deportivo y otro pesquero.

El puerto deportivo se ubica en la zona más al norte, al lado de la playa de la Rapadoira, y está destinado a pequeñas embarcaciones de recreo, lanchas, pequeños veleros y embarcaciones de pesca deportiva. Tiene un total de 117 plazas de amarre distribuidas en dos dársenas, todas ellas ocupadas. Dispone de 2 metros de calado y puede albergar a embarcaciones de 2 a 7 metros de eslora máxima.

En la parte más al sur, encontramos el puerto pesquero que alberga a 7 embarcaciones pesqueras cuyas esloras oscilan entre los 11 y los 27 metros. Son embarcaciones que se dedican a la pesca con cerco y artes menores.



Ubicación de los puertos en el entorno de la ría

4.2. BARRA DE ARENA Y ACCESO A LA PLAYA DE ALTAR

Inmediatamente detrás de la playa de Altar, ubicada en Barreiros, se sitúa una zona de dunas sobre la que no se ha realizado ninguna actuación (salvo la construcción de un dique de escollera tras la zona de dunas). Para el acceso a la playa, a lo largo de la calle de nombre homónimo (Paseo de Altar), se disponen 2 accesos unidos mediante un pequeño paseo. Ese paseo discurre tras una zona residencial de viviendas unifamiliares.

Dado que no existe ningún modo de conectar la pasarela con la zona urbanizada se propone la construcción de una senda peatonal que permita la conexión con la misma, dándole así homogeneidad a todo el conjunto.



Detalle de los accesos a la playa y el paseo

5. NORMATIVA

Para la elaboración de este anteproyecto se ha empleado la normativa detallada a continuación:

Accesibilidad

- Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.

Estructuras

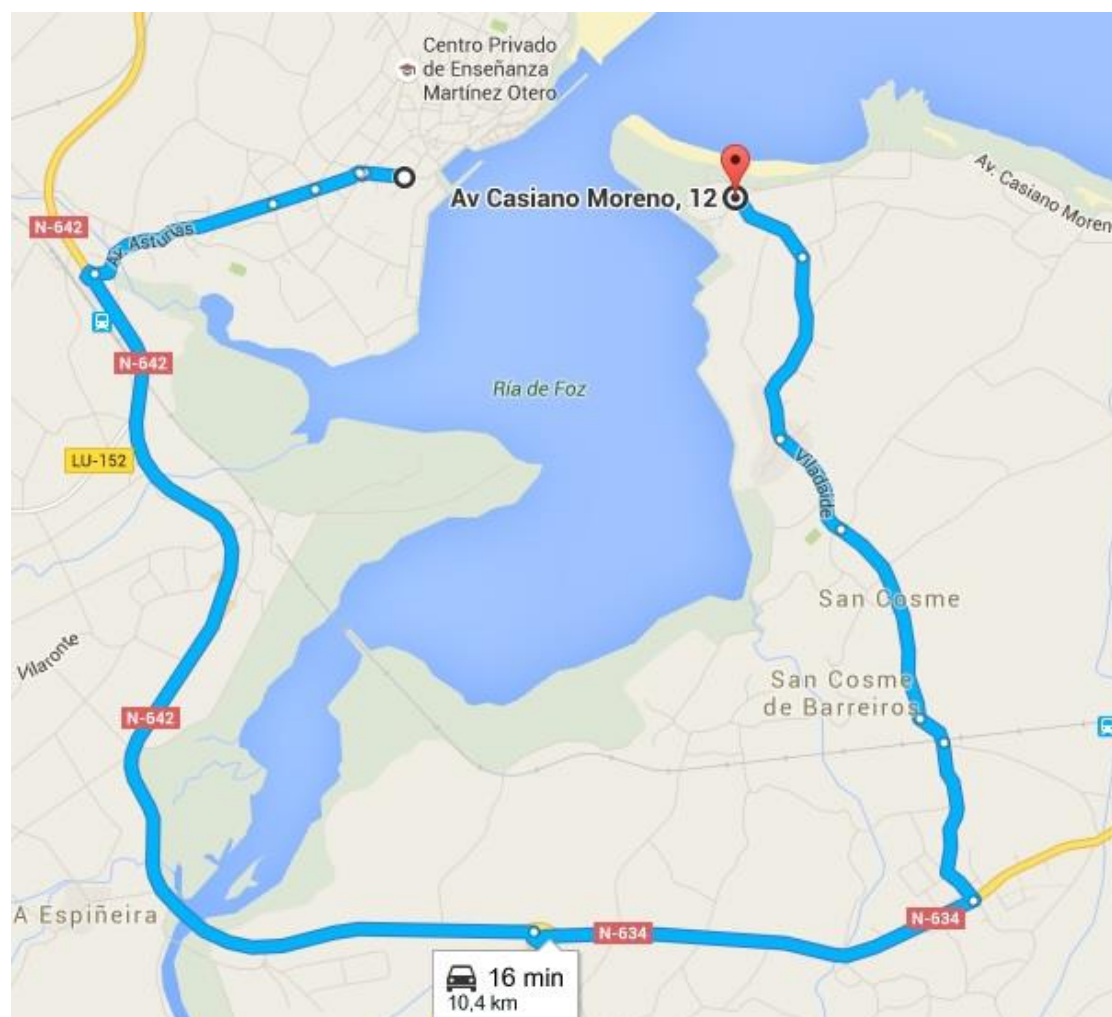
- "Instrucción de Acero Estructural" EAE
- "Eurocodigo 3" EC-3
- "Instrucción de Hormigón Estructural" EHE-08
- "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera" IAP-11.
- "Recomendaciones y manuales técnicos. E-12: Manual de Tirantes." CICCIP.

Medio Ambiente

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

6. JUSTIFICACIÓN DEL ANTEPROYECTO

La ría de Foz supone una gran pantalla entre los dos ayuntamientos a los que separa, siendo el único punto cercano por el que se puede cruzar el puente de la N – 642. Aunque en línea recta a través de la ría la distancia es de alrededor de 300 metros, si queremos llegar de un punto a otro, tanto por carretera como a pie, estamos obligados a recorrer una distancia de unos 11 kilómetros. Además es conveniente señalar que no existe un itinerario peatonal contiguo a la carretera, por lo que los peatones tienen que caminar por los arcenes de la misma con todos los peligros que ello implica.

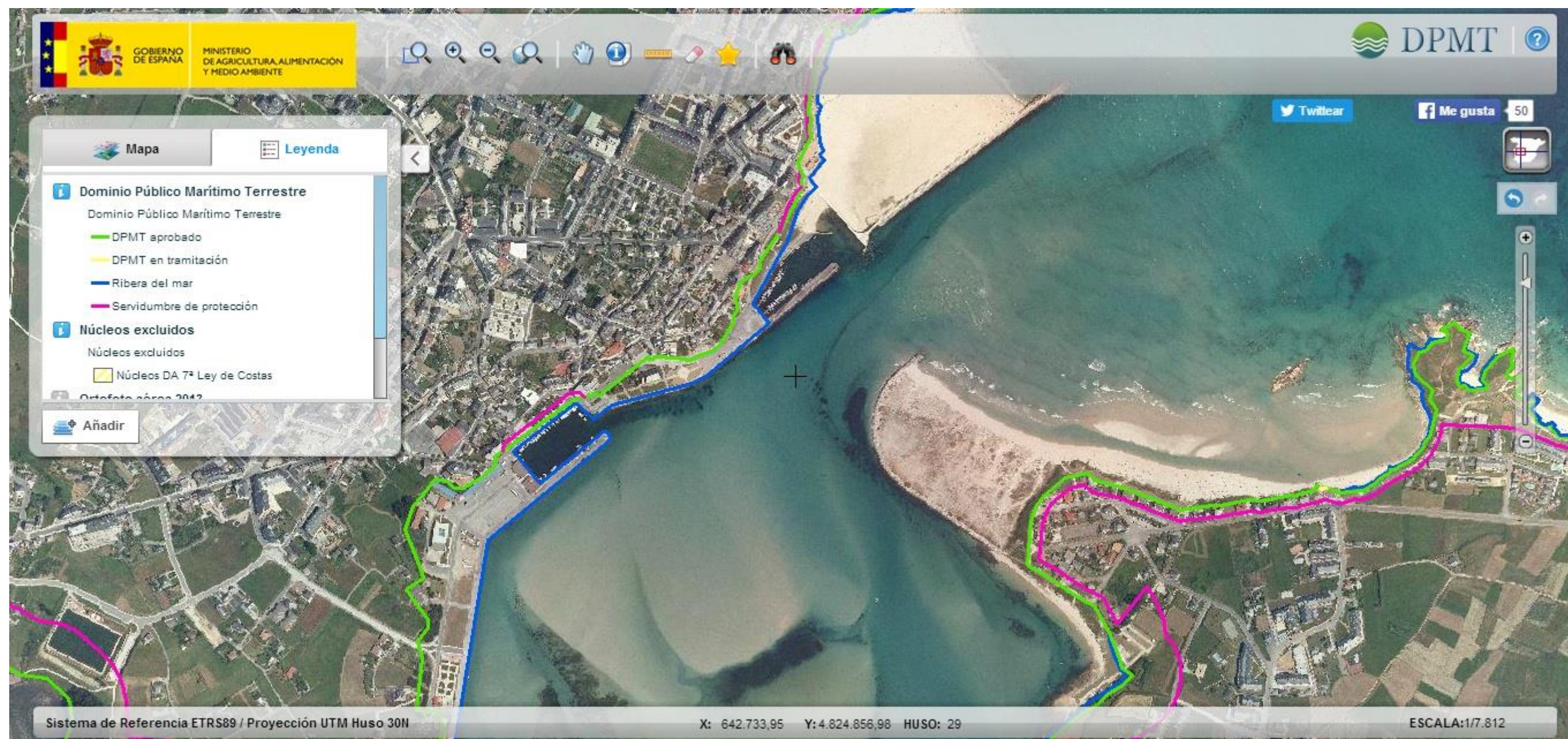


Distancia que separa la playa de Altar del centro de Foz

Por otra parte el ayuntamiento de Barreiros dispone de una gran red de paseos e itinerarios a pie que cubren la totalidad de su costa, desde el límite con Ribadeo hasta la playa de Altar, es por ello que la creación de la pasarela le daría continuidad a esta red de paseos.

Además cabe destacar el aumento de población en época estival; Foz, por ejemplo, pasa de 10.000 habitantes a entre 25.000 y 30.000 en verano. Ello repercute en un mayor número de vehículos circulando y un mayor número de personas que se desplazan entre los dos ayuntamientos. La construcción de la pasarela aliviaría estos flujos de tráfico, ya que mucha gente optaría por desplazarse a pie o en bicicleta para evitar los atascos y moverse en menos tiempo.

APÉNDICE 1: DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE



ANEJO 3: CARTOGRAFÍA

ÍNDICE

1.

Introducción.....

25

2.

Cartografía

25

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto describir la cartografía empleada para el desarrollo de este anteproyecto.

2. CARTOGRAFÍA

La cartografía empleada ha sido la siguiente:

- Cartografía base a escala 1/5000 facilitada por la Xunta de Galicia (Hoja 009-57)
- MTN50 Vectorial del Instituto Geográfico Nacional
- Mosaicos de ortofotos PNOA del Instituto Geográfico Nacional

Estas fuentes se consideran suficientemente detalladas y actualizadas para la realización del presente anteproyecto.

ANEJO 4: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ÍNDICE

1.	Introducción.....	28
2.	Geología	28
2.1.	Ubicación	28
2.2.	Estratigrafía.....	29
2.3.	Tectónica	30
2.4.	Geología económica.....	30
3.	Geotecnia.....	31
3.1.	Introducción.....	31
3.2.	Ámbito geotécnico	31
3.3.	Formaciones superficiales y sustrato.....	32
3.4.	Características geomorfológicas	33
3.5.	Características hidrológicas.....	33
3.6.	Características geotécnicas	34
4.	Trabajos Realizados	34
4.1.	Sondeos mecánicos a rotación	34
4.2.	Ensayos SPT "In Situ"	35
4.3.	Sondeos	35
4.4.	Ensayos de laboratorio	36
4.5.	Descripción y caracterización del subsuelo	36
5.	Conclusiones.....	37
Apéndice 1: Hoja 9 del Mapa Geológico de España.....		38
Apéndice 2: Hoja 2-1/1 del Mapa Geotécnico General		40
Apéndice 3: Ubicación de los sondeos.....		42

1. INTRODUCCIÓN

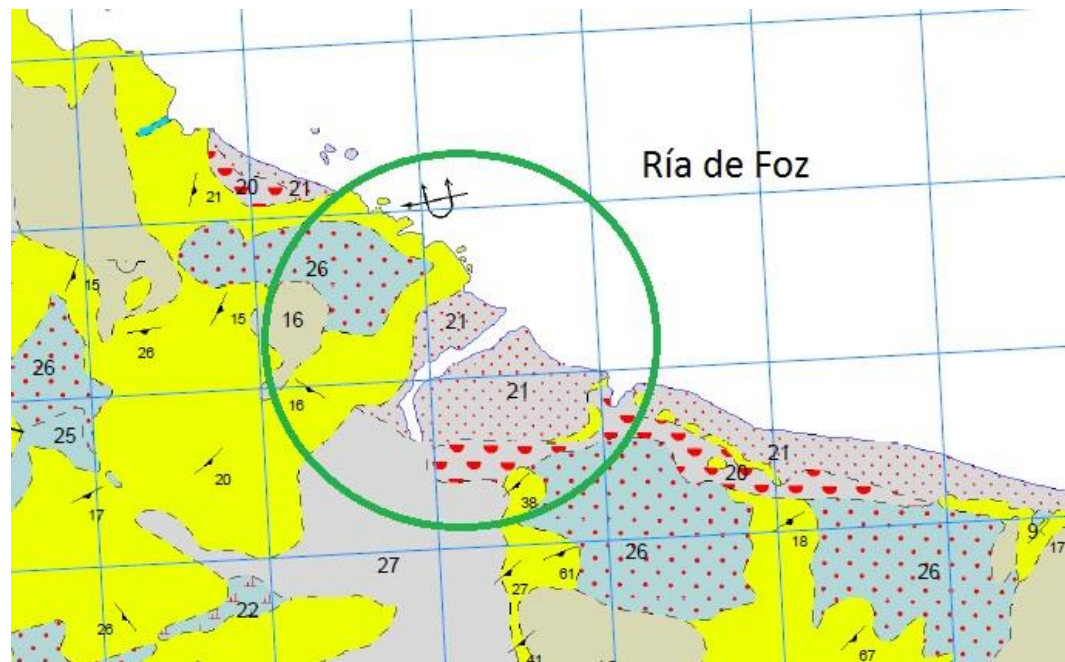
Este Anejo se presenta con el objetivo de conocer las características estratigráficas, petrológicas y tectónicas de la zona donde se proyectará la pasarela.

Para la realización del mismo, se ha empleado información obtenida del Instituto Geográfico y Minero de España (IGME), concretamente se ha utilizado la hoja número 9 del Mapa Geológico de España (MAGMA) a escala 1:50.000 y la Memoria asociada a la misma; así como la Hoja 2-1/1 del Mapa Geotécnico General a escala 1:200.000 y su correspondiente Memoria. Ambas Hojas se incluyen como apéndices al final del Anejo.

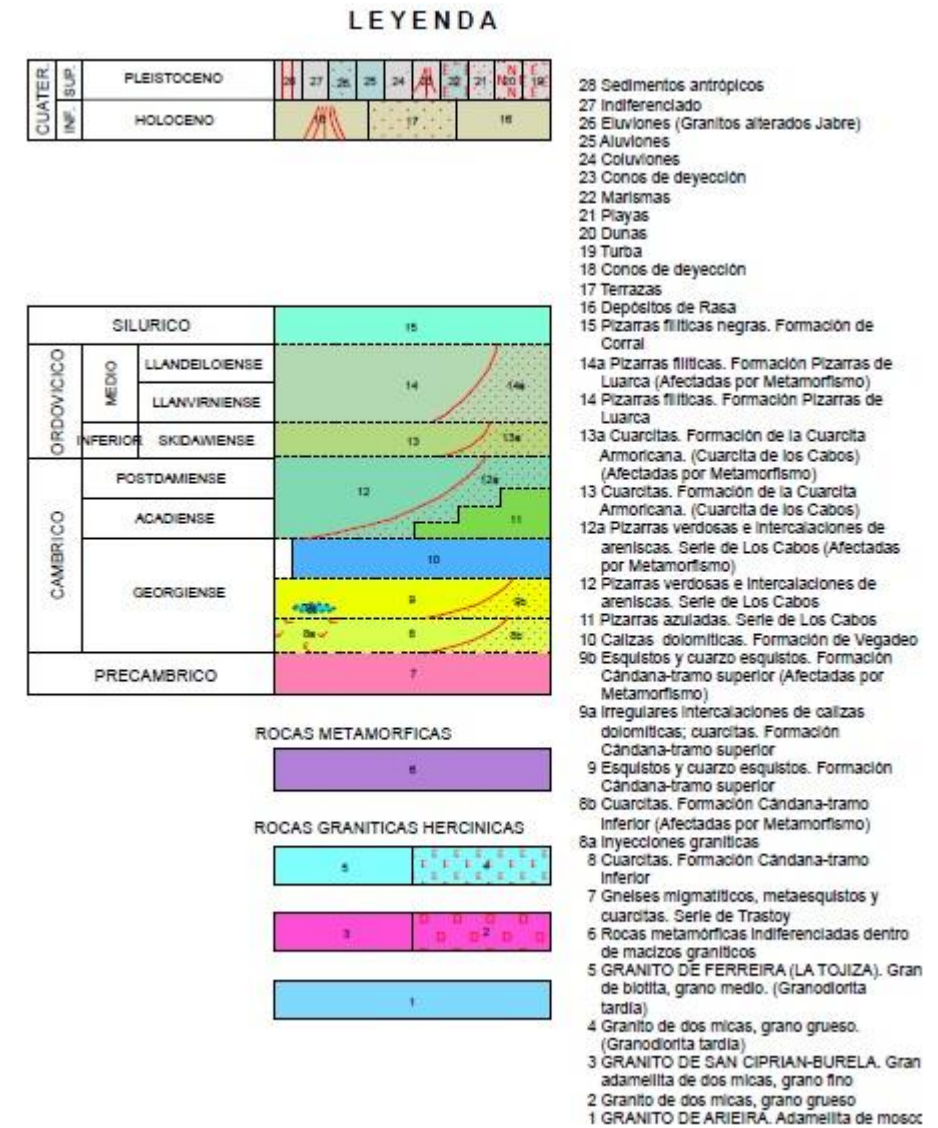
Puesto que este es un trabajo académico, no se dispone de los medios necesarios para la realización de un estudio geológico y geotécnico completo. Por lo tanto se utilizarán como referencia los estudios realizados en proyectos cercanos.

2. GEOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN

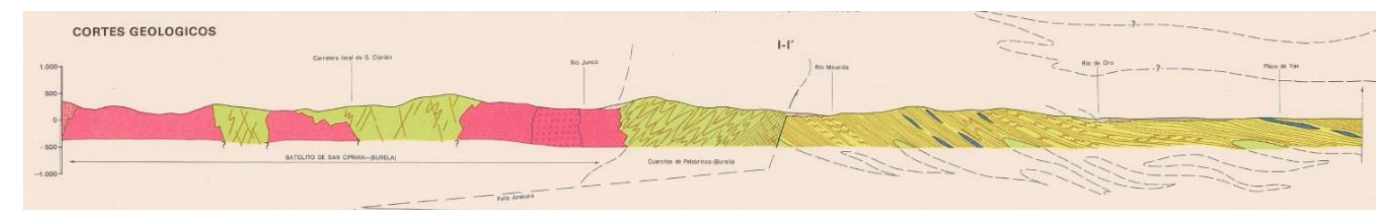


Situación de la actuación dentro del Mapa Geológico de España



Leyenda del Mapa Geológico de España

El siguiente perfil geológico abarca desde la parte oeste de la Hoja hasta la Punta del Cabo, adyacente a la ría de Foz, lo que nos da una idea de los materiales presentes en la ría.



Perfil Geológico I-I'

2.2. ESTRATIGRAFÍA

Los únicos materiales a describir en este apartado son los pertenecientes al Cuaternario y al Cámbrico.

2.2.1. Cámbrico

Presenta una amplia distribución cartográfica, ocupando, junto a los materiales graníticos, la mayoría de la Hoja.

La sucesión estratigráfica es compleja, abarcando desde el Cámbrico Inferior al Superior. Se distinguen tres conjuntos litoestratigráficos:

2.2.1.1. Formación Cándana

Dentro de la misma se distinguen dos tipos diferenciados:

– Cándana Inferior.

Constituido, fundamentalmente, por cuarcitas de color grisáceo, blanquecino, amarillento o rosado (este último debido a impregnaciones ferruginosas), muy recrystalizadas, adoptando a veces un aspecto de cuarzo puro. La serie es bastante monótona, aunque aparecen intercalaciones irregulares microconglomeráticas y arcósicas o subarcósicas. A pesar del fuerte grado de metamorfismo al que está sometido, se pueden reconocer algunas estratificaciones cruzadas.

– Cándana Superior.

Tramo predominantemente pelítico, consistente en una monótona serie de esquistos y cuarzoesquistos de dos micas, algunos plagioclásicos de coloración azulada, averdosada y grisácea, con zonas neisoides. El conjunto está sometido a un metamorfismo regional, creciente hacia el Noroeste.

2.2.1.2. Formación de Vegadeo

Se dispone concordante sobre la formación anterior. Presenta un carácter discontinuo y ha podido ser observada en un único punto de afloramiento en la margen izquierda de la ría de Foz.

Litológicamente está formada por calizas, dolomías y términos intermedios entre ambas, de tonos grises oscuros y blanquecinos, muy recrystalizados por la acción del metamorfismo regional.

2.2.1.3. Serie de los cabos

Superpuesta a la caliza de Vegadeo aparece una serie pararítmica, de naturaleza pelítica y areniscosa, que culmina en la formación de Cuarcita Armoricana.

En la región del Sureste de la hoja comienza con unas pizarras azuladas a las que siguen una monótona serie de pizarras verdosas, con intercalaciones centimétricas, de areniscas pardo-amarillentas. Hacia la parte superior va aumentando la proporción arenítica.

2.2.2. Cuaternario

Dentro de este apartado, en la zona de actuación, el cuaternario queda limitado a la presencia de depósitos fluvio – costeros, los cuales están formados por:

2.2.2.1. Aluviones

Se disponen parcialmente a lo largo de los valles encajados de los ríos de la Hoja. Están constituidos por conglomerados heterogéneos, con matriz areno – limosa, frecuentes intercalaciones de lechos y capas irregulares de arenas y limos arcillosos. Los bloques y gravas son fundamentalmente cuarcíticos, la fracción de arena está formada por cuarcita y cuarzo en proporciones variables; los limos son de carácter accesorio, existen algunos cantos procedentes de los esquistos, siendo más accidental la presencia de cantos de granito. La potencia de estos sedimentos es muy variable, aunque raramente superan los 5 o 6 metros de espesor.

2.2.2.2. Playas

Depósitos ampliamente representados a todo lo largo de litoral; cuyas unidades principales son las playas de San Cosme de Barreiros, Foz, Llas, Porto do Río, Paixás, Area Longa, Polas y Areoura.

Son depósitos arenosos en los que predominan las fracciones de arena fina y muy fina, representando del orden del 90% del sedimento. La de arena muy fina se concentra en las proximidades de la línea de acantilado o de las zonas inmediatas a los campos de dunas contiguos, debido al arrastre por el viento.

El componente fundamental es el cuarzo; los feldespatos y fragmentos de conchas, que suelen presentarse en porcentajes bajos, la moscovita aparece como componente accidental. En general la composición depende del carácter geológico local.

En la creación de estos depósitos de playa, desarrollan un papel fundamental los fuertes vientos y los correspondientes oleajes engendrados, ya que se trata de una zona con una actividad marina importante.

2.2.2.3. Dunas

Acumulaciones en estrecha relación con los depósitos de playa, ubicados en las inmediaciones de las de San Cosme de Barreiros y de Llas, así como sobreimpuestos a los sedimentos arenosos existen en las desembocaduras de las rías de Foz y Fazouro.

2.2.2.4. Marismas

Estos depósitos están ligados a los procesos de sedimentación de material continental con interferencia de procesos marinos. Sus acumulaciones están presentes en las rías de Foz y Fazouro en sus áreas internas.

Se trata de sedimentos fango-arenosos constituidos por limos, arenas finas y muy finas en proporciones variables. Predominan el cuarzo, pizarras, cuarcitas y algunas micas.

2.3. TECTÓNICA

2.3.1. Elementos estructurales característicos

La estructura de la región en estudio se desarrolla fundamentalmente sobre un "Zócalo" de materiales muy diversificados del Paleozoico. La estructuración compleja de una parte de este zócalo es subsidiaria de la megaestructura regional desarrollada en forma de manto de cabalgamiento y conocida con la denominación de "manto de Mondoñedo". En esta Hoja se identifica una parte de su terminación septentrional.

También son elementos fundamentales en la estructura del mencionado Zócalo:

- Complejo granítico y metasedimentario denominado de "San Ciprián" y que aquí aflora en el ángulo NO. de la Hoja.
- El batolito granítico de Ferreira (Tojiza) y "stock", también granítico del alto de Arieira. Estos últimos se disponen en la zona meridional y occidental de la cuadrícula.

Los depósitos post-paleozoicos se atribuyen al cuaternario y aparecen como masas con estructuración primaria poco desarrollada. Forman parte del llamado "Recubrimiento"; cuya organización fundamental secundaria es solamente la que se puede derivar de seguir las actitudes estructurales, más recientes, del Zócalo subyacente.

2.3.1.1. El Zócalo

2.3.1.1.1. Estructuras ligadas al manto de Mondoñedo

De la megaestructura compleja del manto de Mondoñedo, es destacable la presencia en esta zona de los siguientes elementos estructurales:

- Sinclinal tumbado, denominado de "Vilaodrid"
- Falla de "Areoura"
- Anticlinal acostado de "Vilamea"

2.3.1.1.2. Estructura del batolito de San Ciprián

Solamente queda dentro de esta Hoja una parte de esta masa de forma de Plutón batolítico de granito no masivo y estructuralmente heterogéneo.

En la zona de estudio los contactos con los metasedimentos son penetrativos irregulares y graduales; los correspondientes con otras masas graníticas están mecanizados o fallados.

2.3.1.1.3. Estructura del batolito de Ferreira

Se trata de un batolito subcircular y circunscrito, del cual solamente entra en esta hoja su zona más septentrional.

2.3.1.2. El Recubrimiento

Los depósitos del recubrimiento, ya hicimos constar, tienen poca identidad litológica y estructural. Cabe añadir que se depositan sobre la superficie erosiva normal, adoptando organizaciones primarias sedimentarias; y sobre superficies erosivas arrasadas (rasas y parte de penillanuras).

2.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

2.4.1. Minería

Los indicios minerales más habituales en la zona se pueden agrupar de la siguiente manera:

a) Minerales caoliníferos

Aparecen indicios, con notable frecuencia y persistencia, si bien en volúmenes muy irregulares.

b) Minerales del grupo de los feldespatos

Existen indicios esporádicos, diseminados por la zona oriental de la Hoja e incluidos dentro de los dominios graníticos.

c) Minerales de hierro

Los indicios de hierro presentan un carácter puntual y de reducidas dimensiones; guardando una estrecha relación con las rocas intrusivas.

d) Otros silicatos

Bajo esta acepción se agrupan los abundantes indicios de Sillimanita existentes dentro de los numerosos enclaves residuales de rocas metamórficas presentes en el interior de la unidad del macizo de Ferreira. Asimismo, aunque en proporciones menores, coexisten indicios de cordierita, granate, etc.

2.4.1.1. Minas

De los grupos de minerales anteriormente citados, son o han sido objeto de explotación los siguientes: caolín, feldespato y hierro.

Las explotaciones de Caolín se diversifican según los siguientes grupos:

- Explotaciones ligadas al macizo granítico de San Ciprián
- Explotaciones ligadas a diques estratiformes de "felsitas", en dichas explotaciones se concentran, casi exclusivamente, las labores extractivas actuales.
- Explotaciones ligadas a los niveles esquistosos del Cámbrico inferior-Medio.

Las únicas explotaciones de Feldespatos se encuentran ubicadas en el límite SO. De la Hoja y enclavadas dentro de la unidad del macizo de Ferreira.

En la actualidad no existen explotaciones de hierro en activo. De la única actividad minera de la que se tiene constancia es de una explotación localizada en las inmediaciones de Hermida.

2.4.2. Canteras

En esta región existe un considerable número de rocas de utilización industrial. Atendiendo a su naturaleza litológica, debemos diferenciar los siguientes grupos:

- Canteras de granito. Las explotaciones radican en los dos tipos fundamentales de granitos: el de San Ciprián y de Ferreira.
- Canteras de cuarcita. Se trata de explotaciones muy restringidas y de carácter circunstancial, ligadas a obras específicas.
- Canteras de pizarra. En líneas generales, son explotaciones puntuales de dimensiones reducidas; dedicadas a la extracción de pizarras para su utilización en la fabricación de losas (piedras de techar).
- Canteras de gravas. Son explotaciones de carácter intermitente, centradas en la extracción de materiales gruesos de los depósitos más recientes (Cuaternario antiguo).
- Canteras de arenas. La mayoría de los areneros activos, como de los explotados en épocas anteriores, corresponden a los depósitos litorales de la "Rasa". Localizados en el área entre Barreiros y San Miguel de Reinante, existiendo también algunas otras explotaciones abandonadas entre Foz y Nois.
- Canteras de arcillas. La explotación de este material queda concretada a los niveles arcillosos presentes en la unidad de los depósitos de "Rasa". Las actuales explotaciones se ubican en las inmediaciones de San Miguel de Reinante y la existente en las proximidades de Fazouro.

2.4.3. Hidrogeología

En líneas generales, cabe destacar que el conjunto de la zona encuadrada en la Hoja presenta unos recursos en aguas subterráneas limitados. Esta limitación viene determinada por la ausencia de grandes reservorios. Dada la inexistencia en su subsuelo de niveles estratigráficos adecuados para la recepción y almacenamiento de importantes volúmenes hídricos, así como la ausencia de niveles calcáreos de cierta entidad.

3. GEOTECNIA

3.1. INTRODUCCIÓN

Este apartado tiene por objeto determinar y justificar las características geotécnicas que tiene el terreno de la zona en estudio.

El objetivo último del estudio que se presenta a continuación es determinar la capacidad portante del terreno, los asentamientos que puedan producirse en función de las cargas, así como una serie de recomendaciones sobre las cimentaciones de la obra a llevar a cabo.

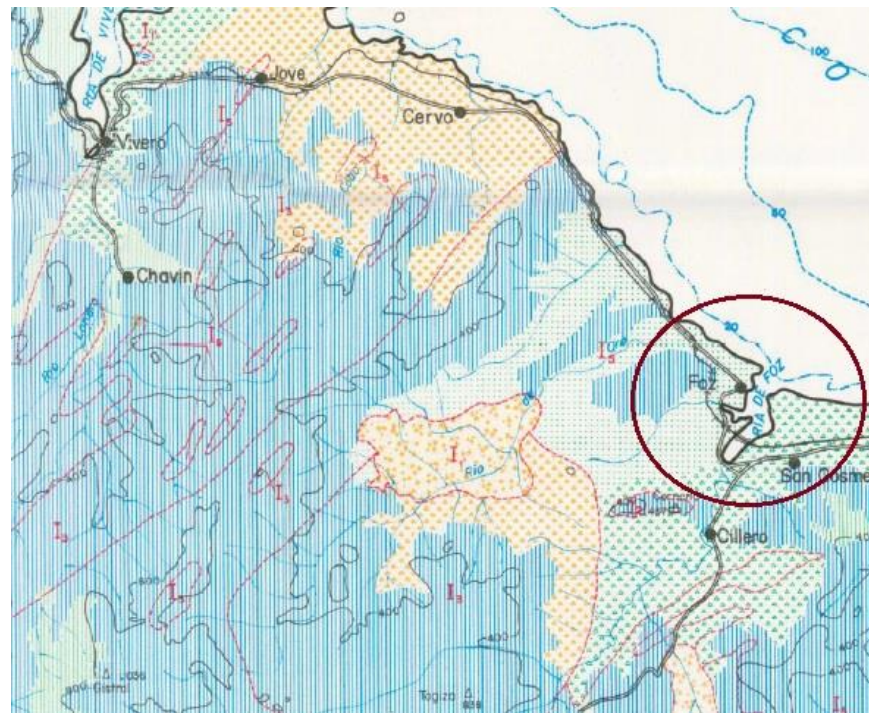
3.2. ÁMBITO GEOTÉCNICO

La zona a estudiar, así como toda la Hoja del Mapa Geotécnico General en la cual nos basamos para su estudio, forma parte del Macizo Galaico, compuesto por rocas graníticas y metamórficas, con intrusiones aisladas de rocas básicas, eruptivas, filonianas y sedimentarias.

Siguiendo las normas de la división taxanómica establecida para la separación y denominación geotécnica, se ve que toda la Hoja posee la misma homogeneidad geotectónica y define por consiguiente una única unidad de primer orden: Región I.

Para la delimitación de las Áreas, unidades de segundo orden, nos basamos en la homogeneidad macrogeomorfológica. El proceso seguido para realizar esta subdivisión se ha basado en el estudio de diferentes tipos de rocas así como es su resistencia a la erosión, y su distinto comportamiento entre los diferentes movimientos tectónicos que han actuado sobre ellos. Así distinguimos tres formas distintas de relieve:

1. Formas de relieve "Suaves", dividido en área I1 y área I1'.
2. Formas de relieve "Moderadas", dividido en área I2 y área I2'.
3. Formas de relieve "Acusadas", dividido en I3, I4, I5 y I5'.



Detalle del Mapa de Interpretación Geotécnica

LEYENDA		
CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES
 Problemas de tipo Litológicos y Geomorfológicos.	 Problemas de tipo Geomorfológicos.	 Problemas de tipo Geomorfológicos.
 Problemas de tipo Litológicos y Geotécnicos (p.d.)	 Problemas de tipo Geomorfológicos e Hidrológicos.	
 Problemas de tipo Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)	 Problemas de tipo Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.).	 Problemas de tipo Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.).
	 Problemas de tipo Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.).	
	 Problemas de tipo Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.).	
	 Problemas de tipo Litológicos y Geotécnicos (p.d.).	
	 Problemas de tipo Litológicos y Geomorfológicos.	

Leyenda del Mapa de Interpretación Geotécnica

de aparición de niveles acuíferos en ella es nula. Sus características mecánicas son muy diversas, pues si bien y en general toda ella posee capacidades de carga altas sin que se produzcan asentamientos de ningún tipo, es posible observar comportamientos distintos dentro de la misma.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES Y SUSTRATO

En este apartado incluiremos los principales tipos de rocas agrupándolas según sus características litológicas.

En el Mapa de Formaciones Superficiales y Sustrato, del Mapa Geotécnico General, se diferencian dos grandes grupos:

- Formaciones Superficiales: se incluyen aquellos depósitos poco o nada coherentes, de extensión y espesor muy variables.
- Sustrato: conjunto de rocas, más o menos consolidadas, depositadas a lo largo de la historia geológica.



Detalle del Mapa de Formaciones Superficiales y Sustrato

El lugar de actuación se encuentra dentro de la zona I5, formada por rocas preferentemente orientadas de tipo de los esquistos y pizarras, entre las que se intercalan bancos de areniscas y cuarcitas muy compactos. Su morfología es muy acusada, dándose las mayores irregularidades sobre los montes de Caxado. Sus condiciones de drenaje superficial son muy favorables observándose una red de escorrentía que avanza siguiendo preferentemente los planos de tectonización. La posibilidad

Se puede observar que nos encontramos con un fondo marino eminentemente arenoso y un sustrato rocoso de tipo $P_{\xi-12-13}$, que, consultando la leyenda, vemos que está formado por esquistos, calizas y dolomías. Este conjunto muestra una gran variedad litológica que va desde los esquistos hasta las calizas pasando por dolomías, magnesitas y una gran serie de rocas carbonatadas.

3.4. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

En este apartado se analizarán los principales rasgos morfológicos, viendo que repercusión tienen sobre las condiciones constructivas de los terrenos, bien por causas puramente naturales, bien al trastocar su equilibrio mediante la acción directa del hombre.



Detalle del Mapa de Características Geomorfológicas

Nos encontramos en zona 15 que se caracteriza por tener una morfología variable, con pendientes de entre el 5 hasta el 20 por ciento. Los rasgos más dominantes son: Formas acusadas con fuertes pendientes y cimas redondeadas, valles cerrados en V, amplia red de escorrentía y recubrimientos arcillosos de hasta 2 metros de potencia.

La causa de esto se debe al carácter esquistoso de los materiales que la forman, dicho carácter predispone, por una parte a crear dirección referente de circulación del agua, bien sobre superficies de pizarrosidad, bien sobre capas de menor dureza, y por otra, a una filtración de agua que mantiene una alteración química continua. Aparecen abundantes áreas con deslizamientos, tanto activos como en potencia, a lo largo de planos de pizarrosidad; así como potentes depósitos, bien de materiales arcillosos de potencia variable y cierta inestabilidad puntual, bien de lajas y bloques paralelepípedicos de alteración mecánica.

Fenómenos de alteración. En nuestra zona nos encontramos con esquistos, por tanto nos centraremos en ellos:

Ocupan grandes extensiones dentro de la Hoja, se encuentran casi siempre recubiertas por depósitos procedentes de su alteración. Por lo general, la roca sana se encuentra a profundidades que oscilan entre los 2 y 3 metros, se halla recubierta por un primer horizonte de matriz fina, arcillo – limosa, procedente de la disgregación y alteración de la roca, y que incluye una serie de cantos, normalmente de tamaño reducido y de naturaleza cuarzosa a continuación, y con potencia inferior a 1 metro, las rocas metamórficas, muy alteradas, conservando en parte su estructura original. Por debajo de todo esto aparece la roca sana, normalmente con su lajosidad muy marcada y atravesada por filones de cuarzo.

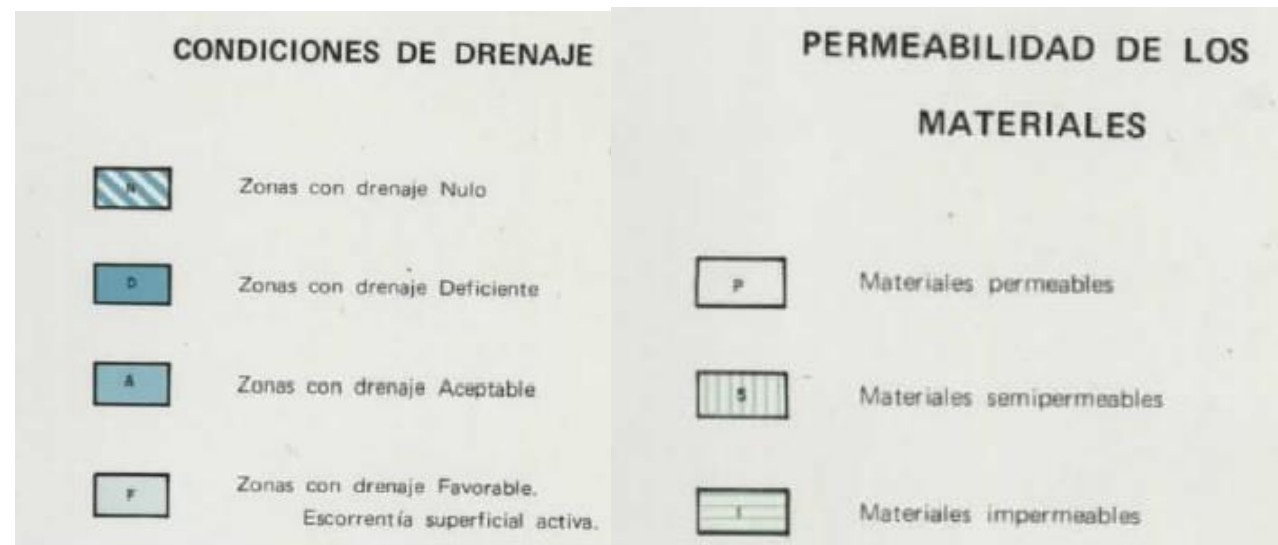
3.5. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Este apartado analizará las características hidrológicas que afectan de manera más o menos directa a las condiciones constructivas de los terrenos.

El análisis se basará en la distinta permeabilidad de los materiales, así como en sus condiciones de drenaje y en los problemas que podrían aparecer.



Detalle del Mapa de Características Hidrogeológicas

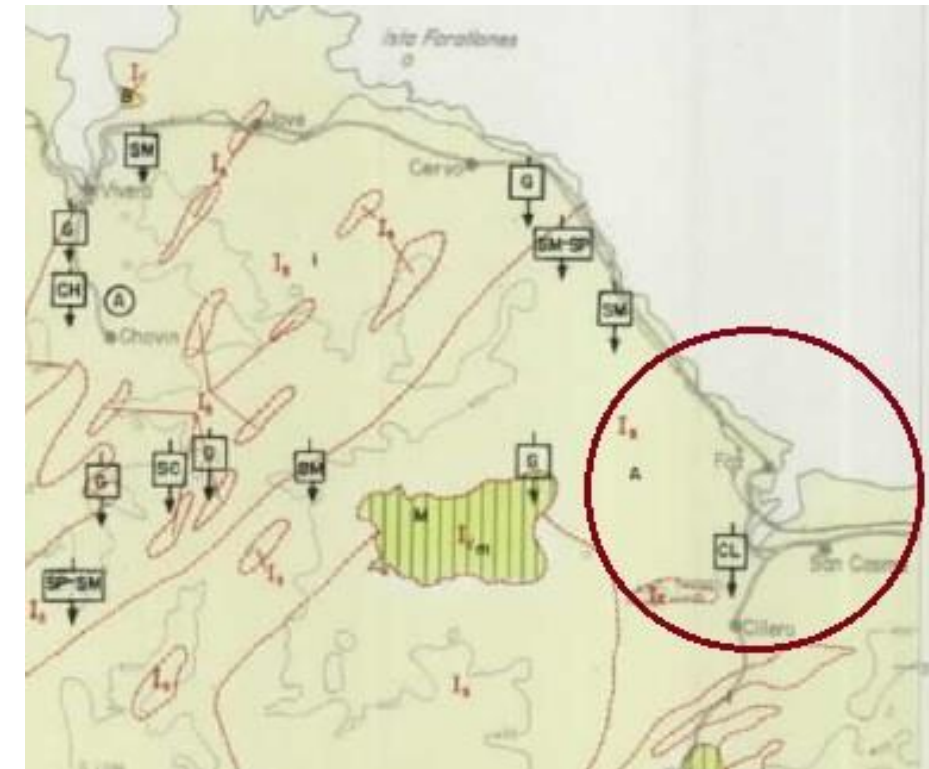


Leyenda del Mapa de Características Hidrogeológicas

Dado que todas las cimentaciones estarán en zonas sumergidas, este apartado no será de especial importancia.

3.6. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Se analizarán las principales características geotécnicas, entendiendo bajo esta aceptación todas aquellas que estén implicadas con la mecánica del suelo y su posterior comportamiento al verse solicitado por la actividad técnica del hombre. El análisis se centrará especialmente en los aspectos de capacidad de carga y posibles asentamientos, indicando también todos aquellos factores que de forma directa o indirecta influyen sobre su óptima utilización como base de sustentación de edificaciones.



Detalle del Mapa de Características Geotécnicas

En el emplazamiento en estudio, tendremos capacidades de carga alta, siendo la magnitud de los asentamientos nula o muy reducida. Los posibles problemas que puedan surgir estarán relacionados con la presencia de recubrimientos arenosos, en caso de que existan. Concretamente en la ubicación de la obra estos recubrimientos se dan en el fondo marino.

4. TRABAJOS REALIZADOS

4.1. SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN

En la campaña de trabajos de campo se han realizado un total de 3 sondeos con la doble función de servir de base a ensayos de penetración estándar SPT y de obtener muestras de los diferentes estratos atravesados para, mediante ensayos de laboratorio, obtener sus principales características geotécnicas.

Para realizar los sondeos se ha empleado un método de perforación mecánica a rotación, con avance hidráulico y refrigeración por agua, que permite la extracción de muestras inalteradas con tomamuestras adecuado al tipo de suelo encontrado.

Para la realización de los mismos, se aprovecha la construcción de las penínsulas provisionales que más tarde servirán para la ejecución de la propia pasarela, permitiendo a la máquina alcanzar los puntos indicados en el Apéndice 3.

4.2. ENSAYOS SPT "IN SITU"

Llevados a cabo en el interior de cada uno de los sondeos, se han efectuado "Ensayos de Penetración Estándar (SPT)" de acuerdo con la normativa UNE 103-800-92. A partir de los resultados de este ensayo (mediante correlaciones empíricas) podemos estimar la capacidad resistente del terreno que atravesamos, aunque se trata de un tipo de ensayo discontinuo pues solamente se obtiene información del entorno del punto que ensayamos.

Dicho ensayo consiste en la hinca a percusión de un tomamuestras de pared partida, de 51 mm de diámetro exterior, con una masa de 63,5 kg. de peso cayendo libremente desde una altura de 75 cm., contabilizándose el número de golpes necesarios para para hincar el penetrómetro 30 centímetros en el suelo.

Los ensayos SPT permiten, contando el número de golpes necesarios para hacer penetrar la cuchara del SPT cuatro tramos de 15 cm, obtener una idea de la consistencia o compacidad del terreno a la cota a la que se ejecuta el ensayo.

La longitud de estos tomamuestras es de 60 cm, y se obtiene el índice N30SPT sumando los golpes obtenidos en los dos tramos centrales de 15 cm. Estos ensayos se dan por acabados cuando el tomamuestras se ha introducido totalmente, o cuando en cualquiera de los tramos de 15 cm se haya requerido más de 50 golpes, lo cual se considera rechazo y nos indica que hemos llegado a un estrato de roca competente.

4.3. SONDEOS

SONDEO S-1				
<i>Cota (m)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>N (SPT)</i>	<i>Litología</i>	<i>Características</i>
1	1	4/5/5	L+A	Arenas limosas con material orgánico. Material blando fácilmente excavable.
6	3	20/25/22/20	ESa	Esquistos alterados, matriz fina arcillo – limosa procedente de la disgregación de la roca.
Fin del sondeo: 12	6	50/R	ES	Esquisto sano, escasamente alterado con una elevada capacidad portante.

SONDEO S-2				
<i>Cota (m)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>N (SPT)</i>	<i>Litología</i>	<i>Características</i>
3	3	6/5/7/8	L+A	Arenas limosas con material orgánico. Material blando fácilmente excavable.
6	3	20/22/22/25	ESa	Esquistos alterados, matriz fina arcillo – limosa procedente de la disgregación de la roca.
Fin del sondeo: 12	6	50/R	ES	Esquisto sano, escasamente alterado con una elevada capacidad portante.

SONDEO S-3				
<i>Cota (m)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>N(SPT)</i>	<i>Litología</i>	<i>Características</i>
3	3	7/8/6/5	L+A	Arenas limosas con material orgánico. Material blando fácilmente excavable.
6	3	25/24/20/22	ESa	Esquistos alterados, matriz fina arcillo – limosa procedente de la disgregación de la roca.
Fin del sondeo: 12	6	47/50/R	ES	Esquisto sano, escasamente alterado con una elevada capacidad portante.

4.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los análisis realizados en laboratorio consisten en realizar los estudios correspondientes tanto a las muestras de arenas como a las de rocas para así poder determinar las características geotécnicas de interés para este proyecto.

En el caso de los suelos arenosos, se los clasificará según el sistema Unificado de Clasificación de suelos de Casagrande, y en cuanto a los estratos rocosos, se hacen ensayos sobre las probetas obtenidas en los sondeos. Estas probetas tienen unas dimensiones que vienen condicionadas por el diámetro del sondeo y se buscará que tengan una esbeltez no superior a dos ni inferior a uno.

En cuanto a las normativas de aplicación para la realización de los diferentes ensayos, éstas serían las siguientes:

- NLT – 101 Preparación de muestras para los ensayos de suelos.
- NLT – 104 Granulometría de suelos por tamizado.
- NLT – 105 Límite líquido.
- NLT – 106 Límite plástico.
- NLT – 102 Humedad mediante secado en estufa.
- NLT – 117 Contenido de materia orgánica.
- NLT – 119 Reconocimiento de sulfatos solubles.
- NLT – 250 Resistencia a compresión simple de probetas de roca.

4.5. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO

4.5.1. Estrato Arenoso (L+A)

Del análisis granulométrico se obtienen los siguientes resultados.

Tamiz			
5	2	0.40	0.08
% pasa por tamiz			
99	96	85	62.7

De acuerdo con los resultados obtenidos estos suelos se clasifican como ML, arenas arcillosas con ligera plasticidad. Realizando los correspondientes ensayos se deducen las siguientes propiedades para este estrato arenoso:

Peso Específico (T/m ³)	Humedad Natural (%)	Permeabilidad (m/s)	Índice de Poros	Ángulo de Rozamiento Interno	Cohesión (Kp/cm ²)	Módulo de Young (Kp/cm ²)
1.8	29.8	1.5E-06	0.926	32	-	50

4.5.2. Esquistos Meteorizados (ESa)

Se trata de esquistos con un elevado grado de meteorización (V – VI), la matriz rocosa se encuentra totalmente desintegrada o descompuesta a suelo reconociéndose la textura rocosa original, localizándose fragmentos rocosos dispersos.

El análisis granulométrico arroja los siguientes resultados.

Tamiz			
5	2	0.40	0.08
% pasa por tamiz			
97	92	78	58.8

Realizando los correspondientes ensayos se deducen las siguientes propiedades:

Peso Específico (T/m ³)	Humedad Natural (%)	Permeabilidad (m/s)	Índice de Poros	Ángulo de Rozamiento Interno	Cohesión (Kp/cm ²)	Módulo de Young (Kp/cm ²)
2.01	17.8	Entre 10E-6 y 10E-9	0.45	28.4	0.50	120

4.5.3. Esquistos (ES)

Son esquistos con un grado de meteorización III, es decir, menos de la mitad de la matriz se encuentra descompuesta a suelo apareciendo fragmentos rocosos de forma continua, a grado II, es decir, la decoloración de la matriz indica la meteorización de la roca y de las discontinuidades siendo menos resistente que la roca sana.

Tras realizar los correspondientes ensayos se obtienen las siguientes propiedades

Peso Específico (T/m ³)	Humedad Natural (%)	Permeabilidad (m/s)	Ángulo de Rozamiento Interno	Cohesión (Kp/cm ²)	Módulo de Young (Kp/cm ²)
2.62	0.2	10E-9	25	1.5	2.5

Coeficiente de Balasto (Kp/cm ³)	Resistencia a compresión simple (Kg/cm ²)	Coeficiente de Poisson
50	225	0.18

5. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones:

- La zona de actuación presenta unas características bastante homogéneas. En superficie se aprecia un primer estrato limo – arenoso cuyas propiedades y espesores se mantienen aproximadamente constantes en toda la Ría. Por debajo nos encontramos con un estrato de esquistos con un elevado grado de alteración de, aproximadamente, 3 metros de espesor. Tras esta capa se encuentran los esquistos sanos, con un bajo grado de alteración.
- El estrato de suelo arenoso no parece recomendable para cimentar, en especial teniendo a poca profundidad un estrato competente para ello.
- Los esquistos sanos parecen muy adecuados para realizar la cimentación de la estructura.
- Por todo lo anterior la elección más adecuada parece ser el empleo de una cimentación profunda hasta alcanzar el estrato rocoso. Dicha cimentación se diseñará de tal forma que se aprovechen al máximo las posibilidades de esta roca, asegurando así que no se producen asientos diferenciales en la estructura. De este modo se puede obviar la consideración de las acciones debidas al terreno en el estudio de acciones.

APÉNDICE 1: HOJA 9 DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

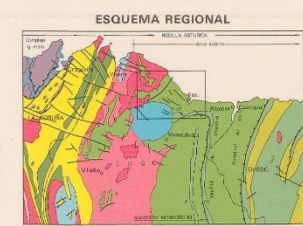
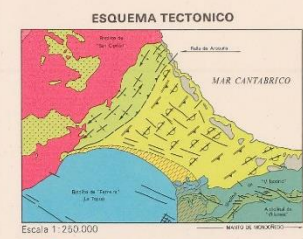
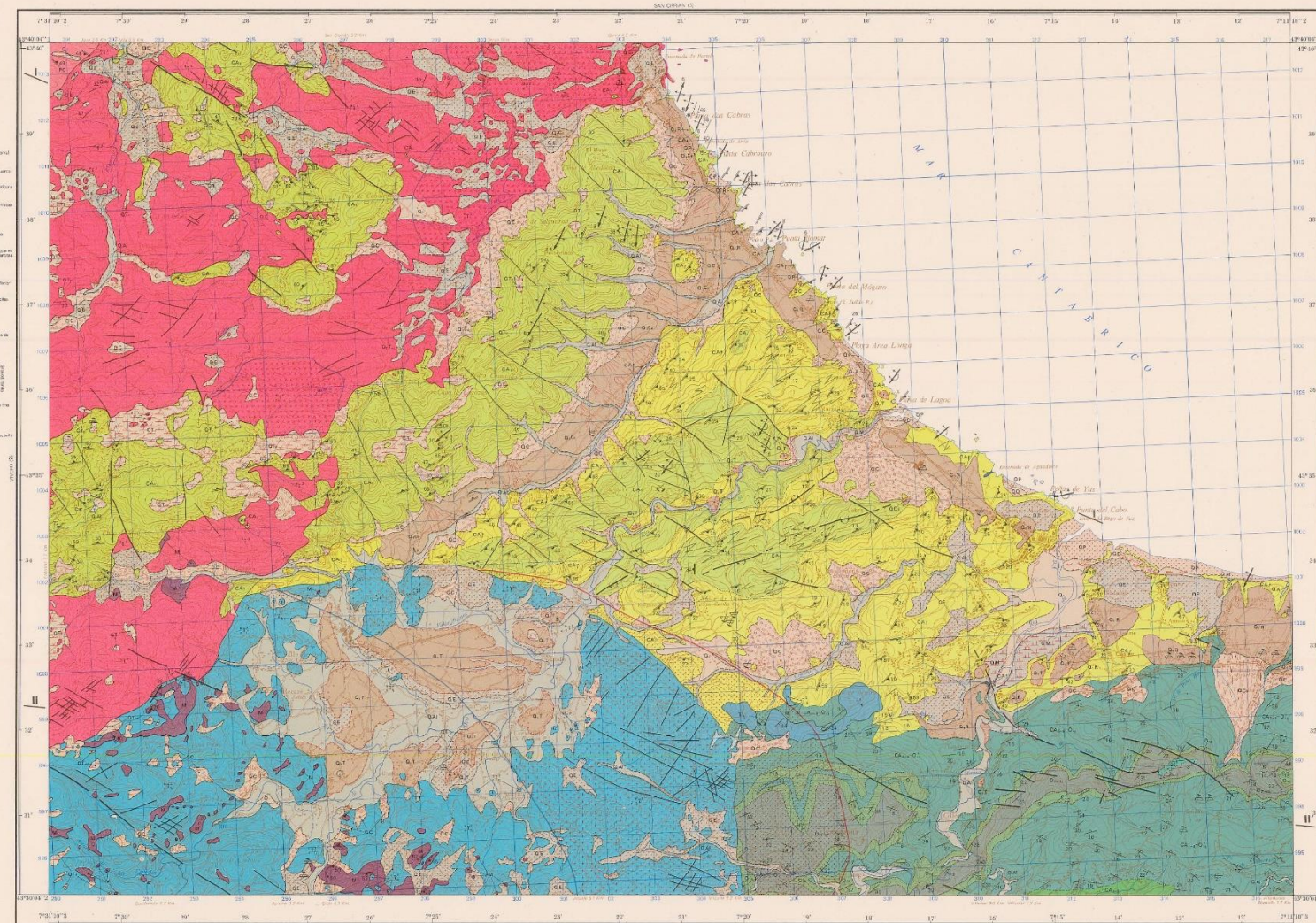
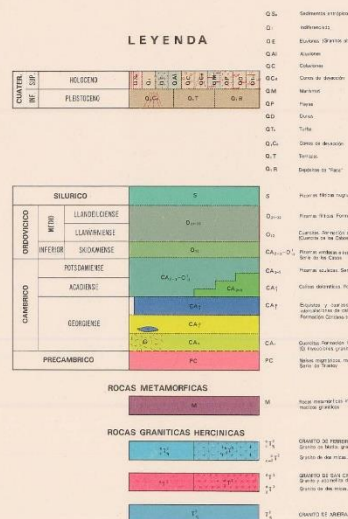
MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

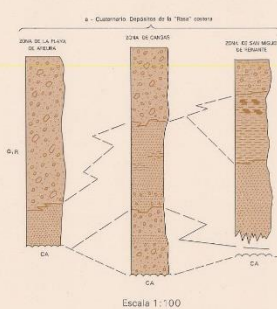
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

FOZ

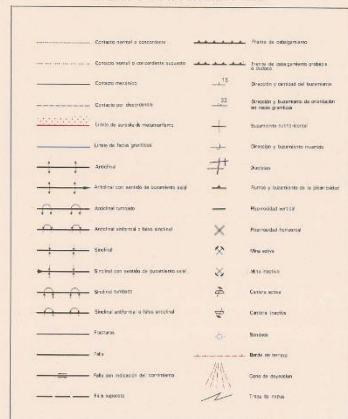
9
08-03



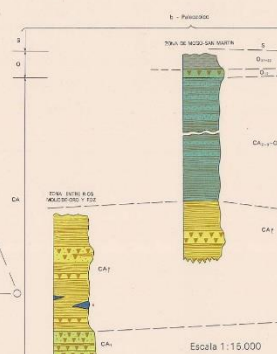
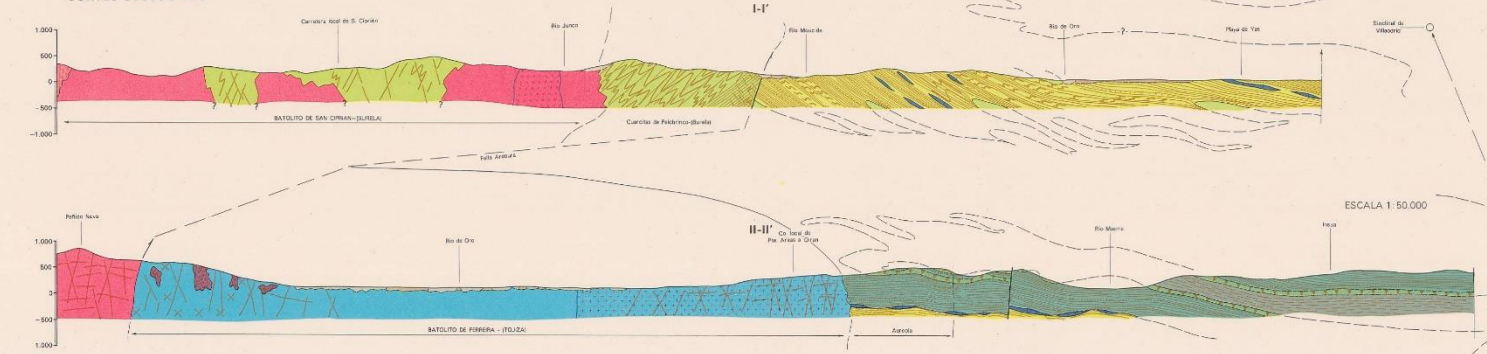
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS EN LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS



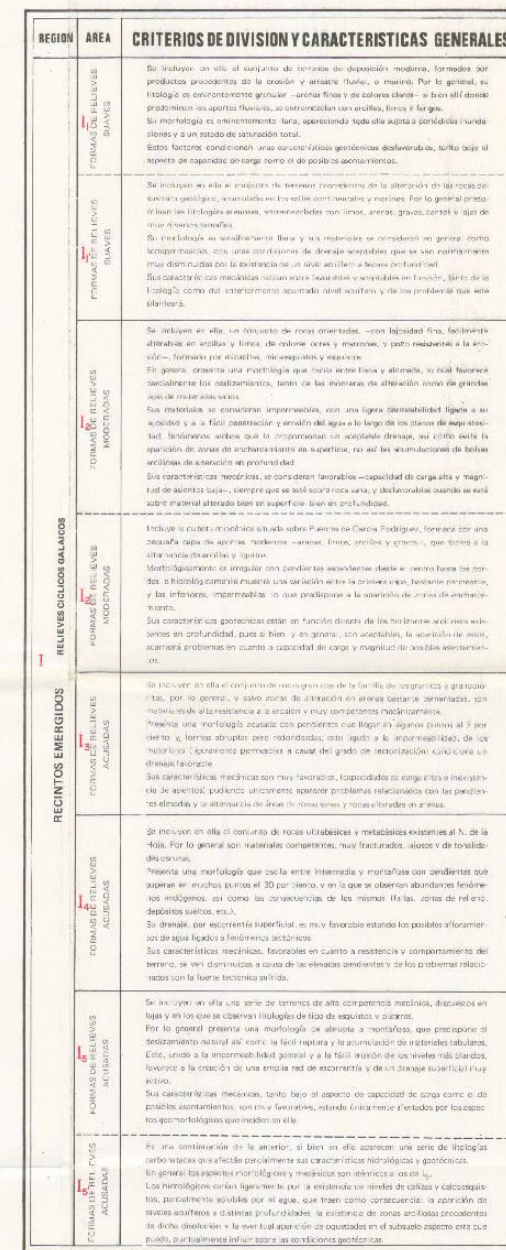
SIGNOS CONVENCIONALES













CORTES GEOLOGICOS

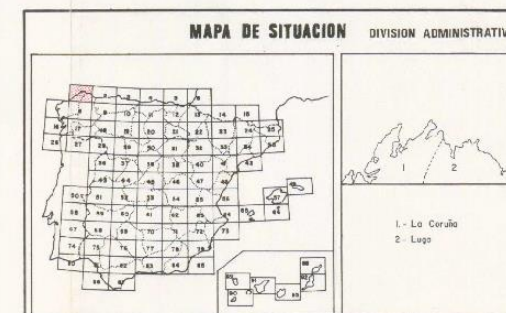


APÉNDICE 2: HOJA 2-1/1 DEL MAPA GEOTÉCNICO GENERAL

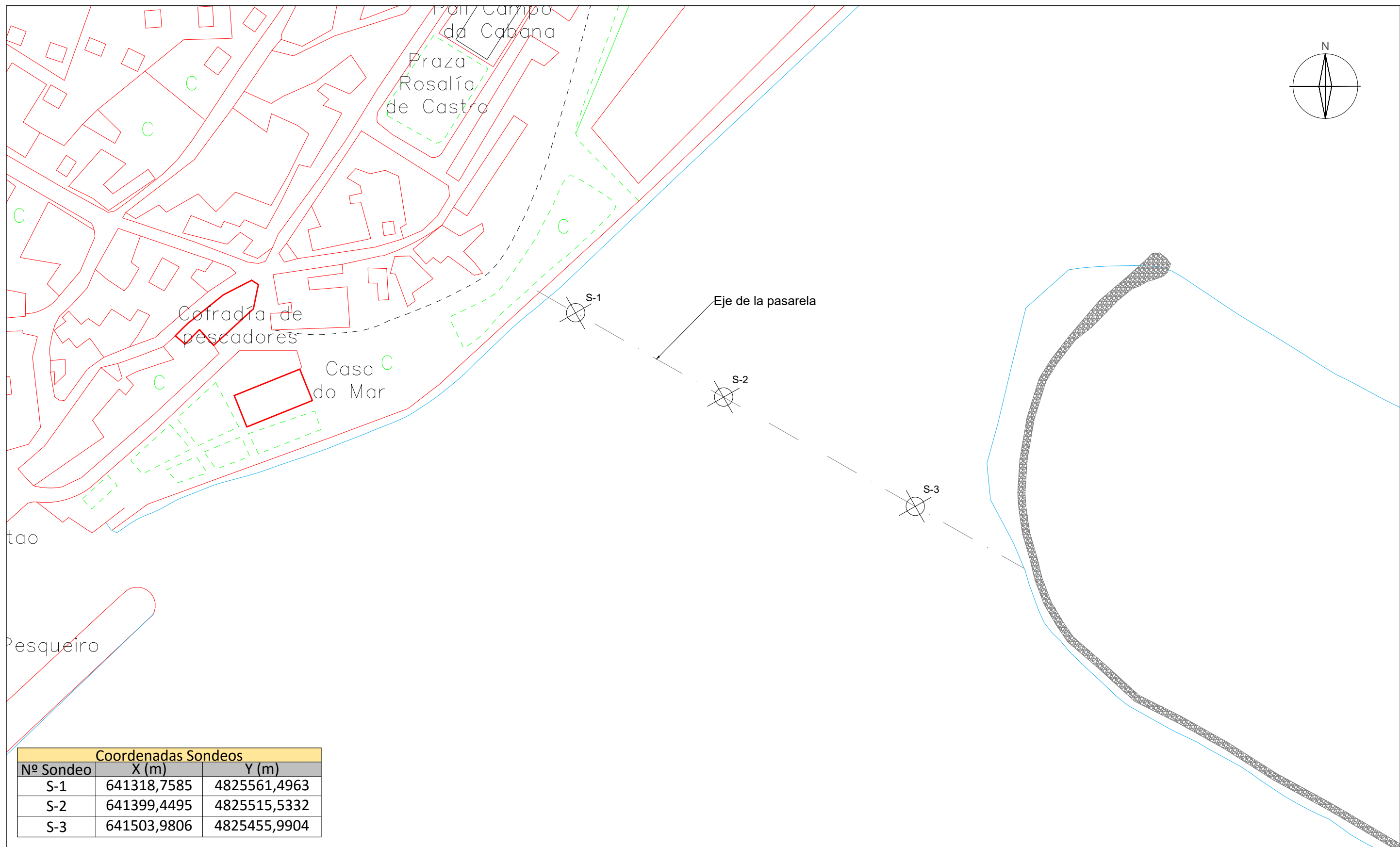


1:200.000

LEYENDA		
CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES
 Problemas de tipo Litológicos y Geomorfológicos.	 Problemas de tipo Geomorfológicos.	 Problema de tipo Geomorfológico.
 Problemas de tipo Litológicos y Geodinámicos (p.d.).	 Problemas de tipo Geomorfológicos, morfológicos y Geolíticos (p.d.).	
 Problemas de tipo Geomorfológicos, morfológicos y Geolíticos (p.d.).	 Problemas de tipo Litológicos, Geomorfológicos y Geodinámicos (p.d.).	 Problema de tipo Litológico y Geodinámico (p.d.).
	 Problemas de tipo Geomorfológicos y Geodinámicos (p.d.).	
	 Problemas de tipo Litológicos y Geodinámicos (p.d.).	



APÉNDICE 3: UBICACIÓN DE LOS SONDEOS



ANEJO 5: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

- 1. Introducción..... 46
- 2. Análisis del problema 46
 - 2.1. Ubicación 46
 - 2.2. Gálibo 46
 - 2.3. Impacto ambiental y visual 47
 - 2.4. Calado 47
- 3. Descripción de las alternativas..... 47
 - 3.1. Alternativa 1..... 47
 - 3.2. Alternativa 2..... 48
 - 3.3. Alternativa 3..... 48
 - 3.4. Alternativa 4..... 48
- 4. Criterios de evaluación 50
 - 4.1. Presupuesto..... 50
 - 4.2. Gálibo 50
 - 4.3. Impacto Visual..... 51
 - 4.4. Impacto sobre la ría..... 51
 - 4.5. Accesibilidad 51
 - 4.6. Construcción 52
 - 4.7. Peso específico de cada criterio..... 52
- 5. Evaluación de las alternativas..... 52
- 6. Elección de la alternativa 52
- Apéndice 1. Planos de las alternativas 53

1. INTRODUCCIÓN

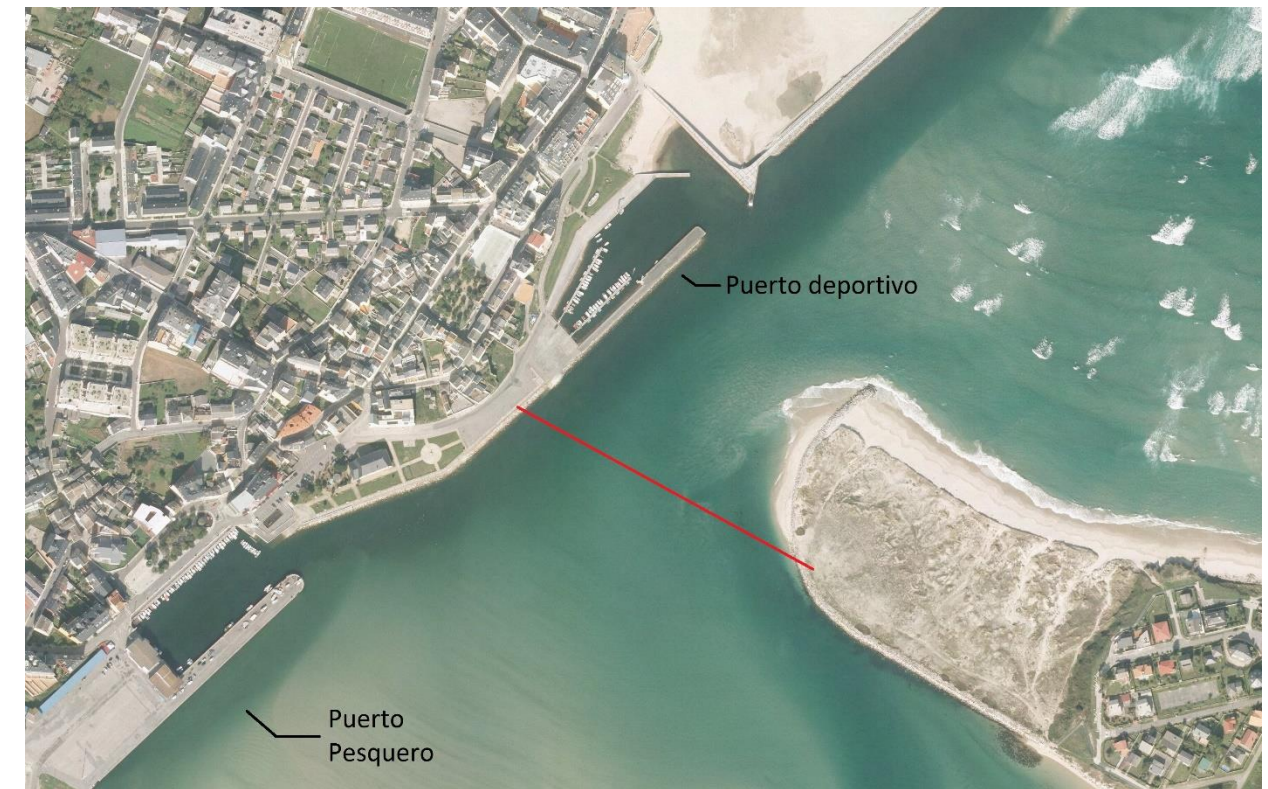
En este documento se pretende realizar un estudio sobre las diferentes alternativas posibles para salvar el paso de la Ría de Foz, entre las localidades de Foz y Barreiros, mediante una pasarela peatonal y elegir la mejor de ellas.

Con el propósito de obtener la solución óptima se van a estudiar, valorar y enfrentar los distintos aspectos de cada alternativa mediante un análisis multicriterio. El presente anteproyecto desarrollará la alternativa que resulte mejor valorada tras dicho análisis.

2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

2.1. UBICACIÓN

El punto más cercano de unión entre ambos lugares es conectando la explanada situada al sur del puerto deportivo con la barra de arena ubicada del otro lado de la ría, cuya distancia aproximada es de unos 300 metros. Es este lugar el que se escoge para la construcción de la pasarela por 2 razones: la primera es que la elección de otra ubicación supondría triplicar la distancia entre ambos puntos, pasando a unos 1000 metros aproximadamente, la segunda es la situación con respecto al núcleo urbano; elegir otro lugar para la construcción de la pasarela implicaría que aquellas personas que desearan cruzar la ría se tuvieran que desplazar hacia la parte sur del puerto pesquero, con lo que la solución resultaría poco práctica.



Ubicación de la pasarela

2.2. GÁLBO

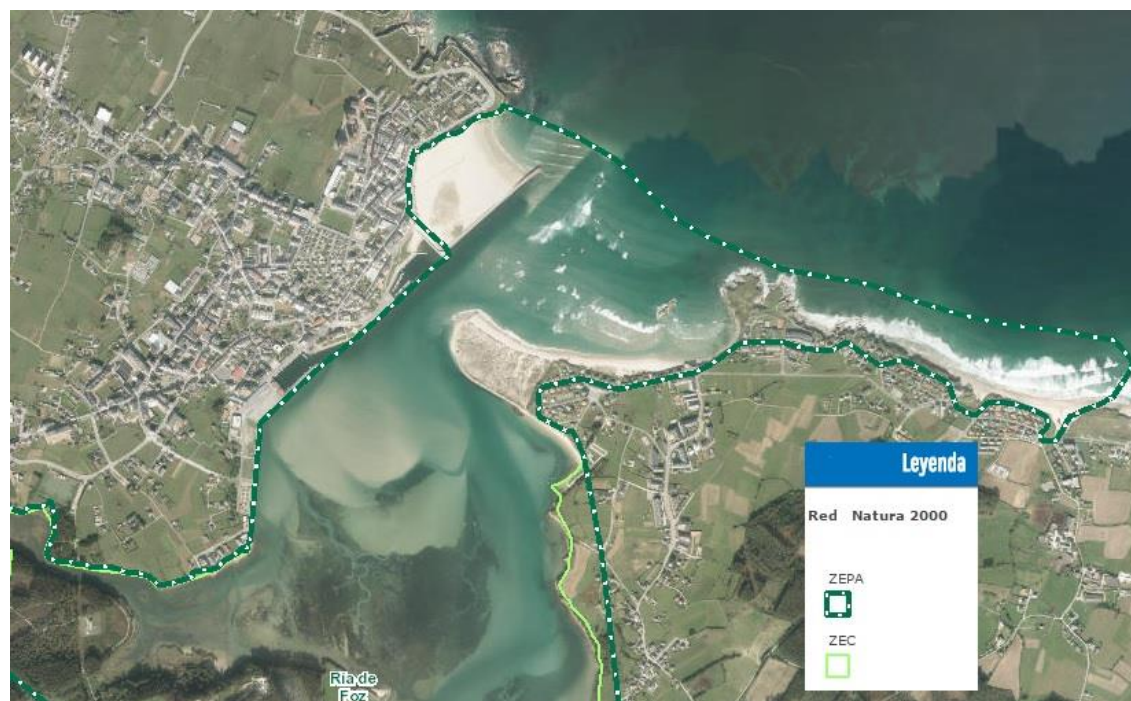
En la margen izquierda de la ría, situados dentro de la localidad de Foz se sitúan 2 puertos, el ubicado más al norte es un puerto deportivo en el que amarran pequeñas embarcaciones de recreo. Por otro lado el situado más al sur es un puerto de mayor capacidad, cuyo uso esta compartido entre embarcaciones de pesca y embarcaciones de recreo de mayor tamaño. Las embarcaciones más condicionantes serán las pesqueras, dado que pueden llegar a alcanzar esloras de 27 metros y alturas de 10 metros desde la superficie del mar. Por tanto el gálbo será uno de los mayores condicionantes a la hora de adoptar una solución, teniendo en cuenta las dimensiones de los buques que atracan en los anteriormente mencionados puertos e intentando perjudicar en la menor medida posible el tránsito de embarcaciones.

Para determinar el gálbo que ha de tener la pasarela en su punto más alto, se tomará como referencia el mayor nivel de marea registrado hasta la fecha. Siendo este de 2.3 metros sobre el nivel medio del mar.

2.3. IMPACTO AMBIENTAL Y VISUAL

La ría de Foz es un entorno de gran valor ambiental, está integrada en la Red Gallega de espacios protegidos y declarada como Zona de especial protección de los Valores Naturales e incluida en la "Red Natura 2000", como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC). Declarada también Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Por tanto la actuación realizada sobre la misma deberá tener el mínimo impacto ambiental posible.

También hay que tener en cuenta el lugar donde será ubicada la pasarela, en pleno corazón de la localidad, por tanto será también necesario contemplar el impacto visual de la actuación, intentando en todo momento que sea el mínimo posible.



Integración de la Ría de Foz en la Red Natura 2000

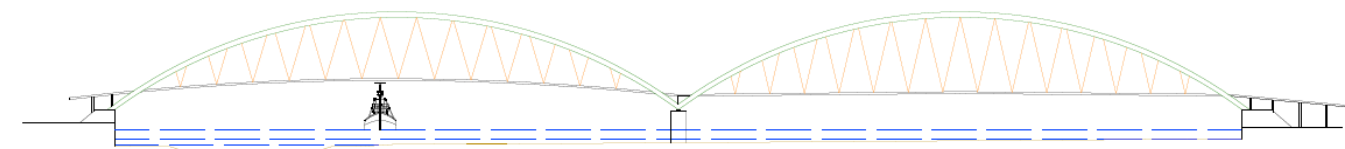
2.4. CALADO

La ría de Foz presenta un problema para las embarcaciones que atracan en sus puertos: el calado. En toda la zona del tramo final de la desembocadura del río Masma se acumulan grandes depósitos de sedimentos, lo que implica que el calado en toda esa zona es muy reducido, llegando incluso a quedar zonas descubiertas del lecho de la ría cuando la marea es muy baja. Debido a los grandes problemas de las embarcaciones pesqueras para atracar durante la marea baja, en 2013 se realizan unas obras de dragado a lo largo de la ría para general un canal artificial de unos 30 metros de ancho y de 4 metros de profundidad medidos desde el nivel medio del mar.

Si, con la realización de la pasarela, el punto donde el gálibo permita el paso de embarcaciones coincide con la posición de ese dragado, no será necesaria ninguna actuación adicional; pero de no ser así, será necesario contar con ello y realizar un dragado alternativo para permitir a las embarcaciones atracar en el puerto pesquero. En los planos de las alternativas se señala la ubicación del actual dragado y, de ser necesario, la disposición del dragado alternativo.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

3.1. ALTERNATIVA 1



Se trata de una pasarela de 2 arcos dobles con tablero intermedio soportado por un conjunto de tirantes triangulados, separados en el tablero cada 9.89 metros en el primer vano y cada 9.42 metros en el segundo. Los arcos están realizados con una sección metálica redonda y hueca y el tablero será metálico.

El tablero tendrá una cierta elevación para dejar el gálibo suficiente para el tránsito de embarcaciones bajo el primer vano, además tendrá una forma curva y la pendiente en sus extremos será de un 10.5%. Todo ello garantiza un gálibo en el centro del primer vano de 13.49 metros. En el caso del segundo vano, el tablero será recto y tendrá una pendiente del 1% desde el centro hacia los extremos.

El tablero tendrá una altura de 7 metros en el lado oeste y 6 metros en el lado este con respecto al nivel del terreno, por tanto, será necesaria la ejecución de unas rampas con la longitud suficiente para garantizar una pendiente que asegure la accesibilidad de la pasarela.

El esquema resistente será el de 2 arcos biapoyados, y a su vez, los arcos de cada vano estarán inclinados hacia el interior de la pasarela para dar al conjunto un cierto arriostramiento transversal.

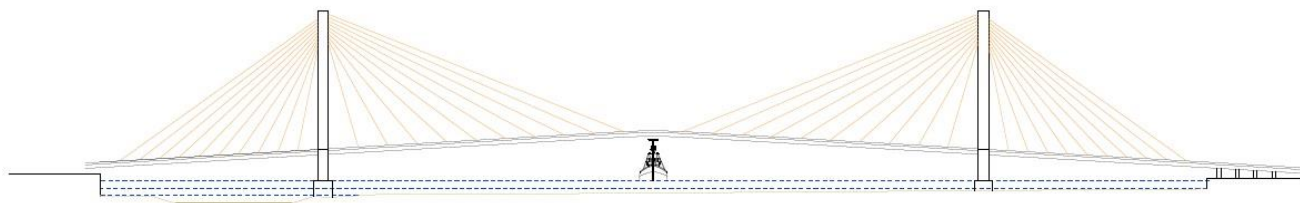
Para su construcción se ejecutará el tablero con la ayuda de unos apoyos provisionales. Una vez finalizado se situarán, sobre el mismo, un segundo grupo de apoyos provisionales sobre los que se construirá el arco para finalmente unir el tablero y el arco mediante las péndolas y retirar todos los apoyos.

Será necesaria la ejecución de unas penínsulas provisionales sobre la ría para habilitar el tránsito de la maquinaria y la colocación de los anteriormente mencionados apoyos. Una vez que se retiren los apoyos se dragarán las penínsulas y se tratará de devolver la ría al estado lo más parecido posible al que tenía antes de la actuación.

Estimamos el coste de la alternativa de la siguiente forma a partir de otros proyectos similares:

- Estructura: 3.000€/m² de tablero = 4.500.000 €
- Rampas: 130€/m² = 208.000€
- Proceso constructivo: 290.000€
- Total: 4.998.000 €

3.2. ALTERNATIVA 2



En este caso se plantea una pasarela atirantada simétrica, se compone por 2 grandes torres de 49.8 metros. El vano principal está soportado por 10 pares de cables a cada lado anclados en forma de abanico a cada torre, éste salva una luz de 180 metros. Los vanos de compensación tienen una longitud de 61 metros cada uno.

El tablero se ejecuta con una sección cerrada de acero en forma de cajón; para su arriostramiento transversal dispondrá una triangulación en el interior del cajón. Se dispondrán dos apuntalamientos laterales para dar apoyo a la losa nervada de la parte superior. Además tendrá una geometría recta con pendiente del 5.8% desde el centro hacia los extremos, lo que permite conseguir un gálibo de 12.26 metros en el centro del vano principal.

Las torres tendrán forma de diamante, siendo su punto más ancho el punto por donde discurre el tablero a través de ellas. Su altura total será de 49.8 metros medidos desde el fondo de la ría.

Para su realización se empleará el método de construcción por voladizos sucesivos, ejecutando primero las torres y después el tablero avanzando en voladizos y anclándolos a los cables. Para la construcción de las torres será necesario disponer 2 penínsulas provisionales del mismo modo que la alternativa 1.

Estimamos el coste de la alternativa de la siguiente forma a partir de otros proyectos similares:

- Estructura: 2.300€/m² de tablero = 3.450.000 €
- Rampas: 130€/m² = 117.000€
- Proceso constructivo: 143.000€
- Total: 3.710.000 €

3.3. ALTERNATIVA 3



Para esta última opción se propone la construcción de una pasarela en forma de viga sobre pilares. Se compone de 7 vanos de 43.9 metros, para la sección transversal se opta por una sección mixta en artesa con cajón metálico de 1.35 metros de canto y losa de hormigón de 0.25 metros de espesor.

Del mismo modo que en la alternativa anterior el tablero se ejecuta con una pendiente del 5.8% desde el centro hacia los extremos para permitir un gálibo en la sección central de 13.28 metros. El estribo del lado oeste tendrá una altura de 1.8 metros y el del lado este de 3 metros.

El esquema estructural es el de una viga continua con 6 apoyos intermedios, que corresponden a cada uno de los 6 pilares, y apoyada en los extremos.

Para su construcción, primero se ejecutarán las pilas mediante la creación de 2 penínsulas artificiales del mismo modo que en las dos anteriores alternativas. Con las pilas ya construidas, se empleará una viga lanzadera para colocar la sección metálica en artesa y finalmente se procederá al hormigonado de la losa superior.

A partir del documento "Obras de Paso de Nueva Construcción", con los datos de las páginas 93 y 94, y realizando correcciones sobre ellos, debido a la antigüedad del mismo y a que nuestra solución tiene altura media de pilas menor de 20 metros, estimamos el coste de esta alternativa en 520 €/m², además se valora el proceso constructivo en 286.000 € y por tanto el coste total será de 1.066.000 € aproximadamente.

3.4. ALTERNATIVA 4



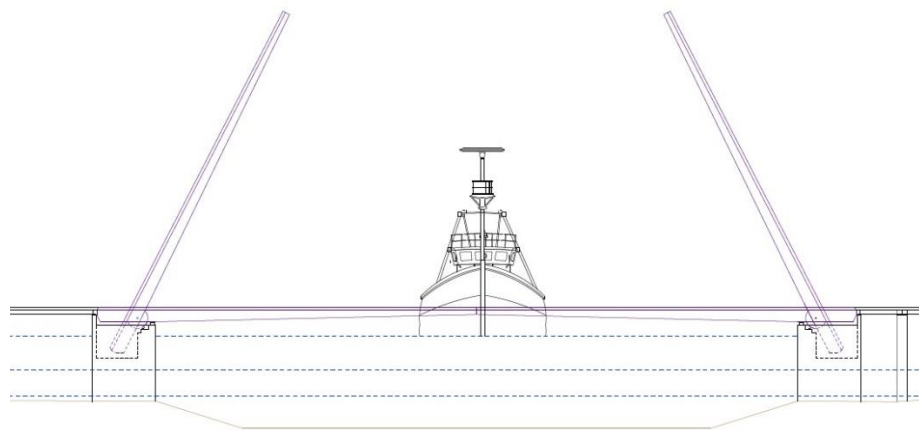
Para esta cuarta alternativa se propone la construcción de un tramo de pasarela sobre pilas con un vano muy corto del orden de 17.5 metros, para permitir la realización de un tablero con canto muy reducido, de 0,65 metros, y poca altura con respecto al nivel del mar. El esquema resistente es el de una viga continua apoyada en cada una de las pilas. En el lado oeste la pasarela se apoya al nivel del terreno, por lo que no será necesaria la construcción de rampas, sin embargo en el lado este la altura del estribo será de 1,28 metros, por lo que será necesario construir una pequeña rampa para su acceso.

El tablero será de sección mixta compuesta por un cajón metálico que sostiene una losa de hormigón sobre la que se apoyará el pavimento, además dispondrá de un bombeo del 1% para permitir el drenaje del mismo. El ancho total será de 4 metros.

Para permitir el paso de los buques se plantea la construcción de un tramo móvil en el lado oeste, aprovechando el canal dragado para tal fin. Teniendo que salvar una distancia de unos 40 metros aproximadamente.

Esta cuarta alternativa se dividirá a su vez en otras tres, en las cuales se estudiará el tramo móvil siendo común a todas ellas la solución de tablero sobre pilas. El proceso constructivo también será común, ejecutándose primero las pilas, posteriormente se ejecuta el tablero y finalmente el tramo móvil. Para la realización de la obra, será necesaria la creación de unas penínsulas en la ría que permitan el paso de la maquinaria y los materiales.

3.4.1. ALTERNATIVA 4.1



Se escoge para esta alternativa un puente basculante de dos hojas, de unos 40 metros de vano, aproximadamente 20 metros cada una. Éstas tendrán dos apoyos, uno en el eje donde se produce el giro y otro que servirá de "tope" para cerrar la pasarela. Cada vano estará equilibrado, es decir, que

el peso a cada lado del eje será aproximadamente el mismo para que la fuerza necesaria para elevarlo sea la mínima posible. Para ello en la parte trasera se dispondrá de un contrapeso de hormigón.

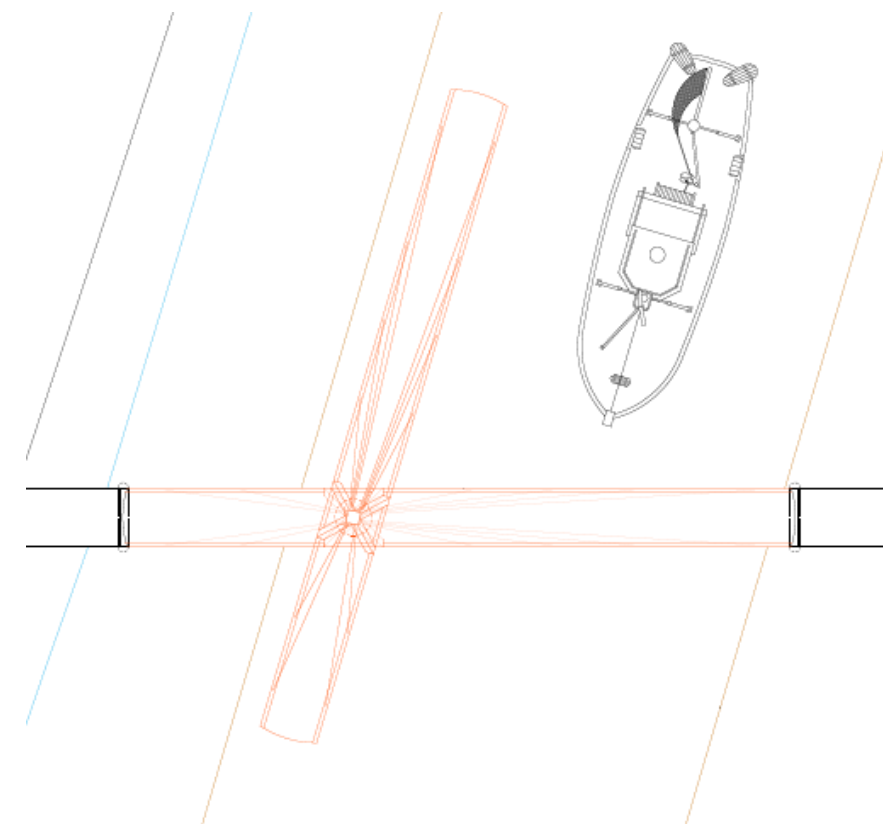
En posición abierta la pasarela permite una banda de navegación de unos 25 metros.

La sección del tablero de los vanos móviles será la misma que la del resto del tablero, 3 vigas que sostienen una losa de hormigón.

Se construirán 2 estructuras de hormigón para albergar los ejes, engranajes y la maquinaria necesaria para el movimiento de los dos tramos móviles.

- Precio pasarela en el tramo fijo: A partir del documento "Obras de Paso de Nueva Construcción" se estima el precio del recorrido fijo de la pasarela en 300 €/m² y por tanto el coste total será de 379.500 €
- Precio pasarela móvil: A partir de otros proyectos se estima su coste en 1.200 €/m² y por tanto el precio total será de 318.000 €
- Total: 697.500 €

3.4.2. ALTERNATIVA 4.2



En este caso la opción escogida para el tramo móvil se basa en la construcción de dos vanos atirantados que giran en el plano horizontal. Sobre el eje de giro se construye una torre piramidal donde se anclan los cables que sostienen dichos vanos.

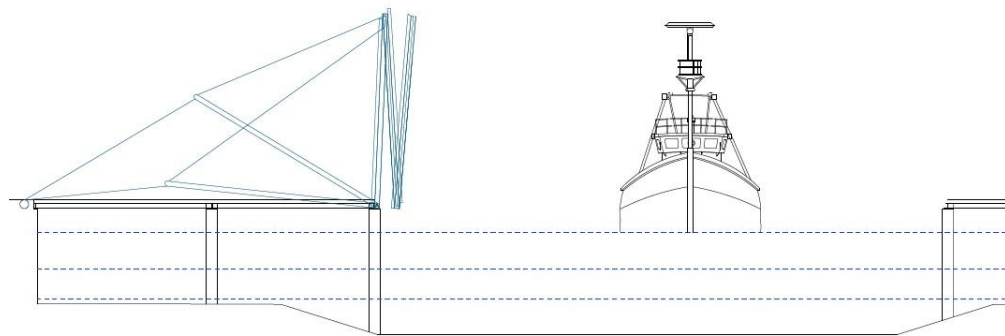
En esta alternativa la sección del tablero en la zona móvil cambia con respecto al resto de la pasarela; se disponen 2 vigas longitudinales a las que van anclados los cables y vigas transversales que arriostran el conjunto. Sobre éstas se ejecuta una losa de hormigón donde se apoyará el pavimento.

En posición abierta la pasarela permite 27 metros de banda de navegación.

Al igual que en el caso anterior, en el vano más corto, el vano oeste, se dispondrá un contrapeso de hormigón para equilibrar la pasarela y así permitir que la fuerza necesaria para producir el giro sea mínima.

- Precio pasarela en el tramo fijo: A partir del documento "Obras de Paso de Nueva Construcción" se estima el precio del recorrido fijo de la pasarela en 300 €/m² y por tanto el coste total será de 379.500 €
- Precio pasarela móvil: A partir de otros proyectos se estima su coste en 2.000 €/m² y por tanto el precio total será de 450.000 €
- Total: 829.500 €

3.4.3. ALTERNATIVA 4.3



Finalmente para esta alternativa se propone la construcción de una pasarela plegable en 3 vanos, análoga a la pasarela peatonal en Kiel. Cada vano tendrá aproximadamente 12 metros de largo, y los vanos 1 y 2 estarán conectados a 2 torres mediante cables. Esas torres estarán a su vez conectadas a 2 motores en tierra mediante otros 2 cables, con lo cual al accionar esos motores las torres se moverán hacia tierra, arrastrando consigo los vanos de la pasarela y recogiendo en forma de N.

Una vez plegada la banda de navegación disponible es de 32 metros.

Al igual que en el resto de la pasarela el tablero será mixto compuesto por 3 vigas de acero que sostienen una losa de hormigón.

- Precio pasarela en el tramo fijo: A partir del documento "Obras de Paso de Nueva Construcción" se estima el precio del recorrido fijo de la pasarela en 300 €/m² y por tanto el coste total será de 379.500 €
- Precio pasarela móvil: A partir del proyecto de la pasarela plegable de Kiel en Alemania y a falta de otros datos, estimamos el precio del tramo móvil en 10.000.000 €
- Total: 10.379.500 €

4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para elegir la alternativa que vamos a desarrollar en el anteproyecto emplearemos métodos de análisis multicriterio, en este caso, el método Press y el de las medias ponderadas. Primero seleccionaremos los criterios de evaluación y asignaremos a cada alternativa una puntuación sobre 100 en cada criterio. Para tratar de que esta puntuación sea lo más objetiva posible dividiremos a su vez cada uno de los criterios y puntuaremos algunos de sus aspectos particulares.

4.1. PRESUPUESTO

Otorgaremos la máxima nota a la alternativa más económica y obtendremos las demás puntuaciones siguiendo la siguiente fórmula $\frac{\text{Presupuesto mas económico}}{\text{Presupuesto a valorar}} * 100$.

	Presupuesto (€)	Puntuación
Alternativa 1	4998000	14
Alternativa 2	3710000	19
Alternativa 3	1066000	65
Alternativa 4.1	697500	100
Alternativa 4.2	829500	84
Alternativa 4.3	10379500	7

4.2. GÁLBO

De un modo similar al anterior puntuaremos con 0 puntos a las alternativas cuyo gálbo sea menor o igual a 10 metros y con 100 puntos a aquellas cuyo gálbo sea mayor o igual a 15 metros. Si la medida se encuentra entre estos dos valores obtendremos su puntuación mediante una interpolación lineal.

	Gálibo (m)	Puntuación
Alternativa 1	13,49	70
Alternativa 2	12,26	45,2
Alternativa 3	13,28	66
Alternativa 4.1	>15	100
Alternativa 4.2	>15	100
Alternativa 4.3	>15	100

4.3. IMPACTO VISUAL

Dividiremos este apartado en otros 3:

- **Altura total:** Tomaremos la distancia desde el nivel máximo de marea registrado y el borde de coronación de cada alternativa. Si ésta tiene una altura mayor o igual a 60 metros de alto la puntuaremos con 0 puntos, si por el contrario dicha altura es menor o igual que 16 metros le asignaremos 100 puntos, para los valores intermedios emplearemos una interpolación lineal. Este punto pesará un 30% en la puntuación final del apartado.
- **Altura del tablero en los extremos:** Del mismo modo que en punto anterior, si la altura con respecto al nivel del terreno en el punto más desfavorable (el más alto), es menor o igual a 0 metros obtendrá 100 puntos y si es mayor o igual a 10 metros, obtendrá 0 puntos. Para valores intermedios se empleará una interpolación lineal. Este punto pesará un 20% en la puntuación final de apartado.
- **Estética:** Este es el punto más subjetivo del análisis. Asignaremos mayor puntuación a la solución en arco por tener una altura más contenida con respecto a la solución atirantada, la menor puntuación irá a parar a la alternativa de pasarela fija. En el caso de las alternativas móviles se asignan en general mayores puntuaciones dado que presentan una altura muy reducida sobre el nivel del mar, encajando muy bien en la zona.

	Altura total (30%)	Altura del tablero en los extremos (20%)	Estética (50%)	Total
Alternativa 1	64	18	65	55
Alternativa 2	32	69	55	51
Alternativa 3	100	64	25	55
Alternativa 4.1	100	87	45	70
Alternativa 4.2	100	87	57	76
Alternativa 4.3	100	87	60	77

4.4. IMPACTO SOBRE LA RÍA

Dividiremos este apartado en 2:

- **Nº de pilas sobre la ría:** Otorgaremos 100 puntos si la alternativa no contiene pilas en la ría y 0 puntos si contiene 6 o más. Para valores intermedios interpolaremos. Este punto tendrá un peso de un 25% sobre la puntuación final.
- **Método constructivo:** Puntuaremos positivamente que el método por el cual se construya la pasarela tenga el mínimo impacto sobre la ría y viceversa. En el caso de las primeras 3 alternativas las puntuaciones serán reducidas dado que la construcción de una península tiene una elevada afección sobre la ría, y aunque al finalizar las obras ésta se dragaría, no se podría devolver la ría a su estado original.

Este apartado tendrá un peso de un 75% sobre la puntuación final.

	Nº Pilas (25%)	Método Constructivo (75%)	Total
Alternativa 1	83	20	36
Alternativa 2	67	35	43
Alternativa 3	0	10	8
Alternativa 4.1	0	10	8
Alternativa 4.2	0	10	8
Alternativa 4.3	0	10	8

4.5. ACCESIBILIDAD

- **Pendiente máxima en el tablero:** Análogamente a otros apartados, valoraremos con 100 puntos pendientes menores o iguales al 4% (valor recomendado en la Orden VIV/561/2010) y con un 0 pendientes iguales o superiores al 6% (valor máximo permitido en la citada Orden.).
- **Pendiente constante más pronunciada:** Lo valoraremos del mismo modo que el apartado anterior.

Ambos con un peso del 50% sobre la puntuación final.



	Pte. máxima (50%)	Pte. constante (50%)	Total
Alternativa 1	0	54	27
Alternativa 2	15	15	15
Alternativa 3	15	15	15
Alternativa 4.1	100	100	100
Alternativa 4.2	100	100	100
Alternativa 4.3	100	100	100

4.6. CONSTRUCCIÓN

En este apartado se valoran las facilidades constructivas de cada alternativa. Se ha valorado positivamente la posibilidad de prefabricación de piezas de cada estructura, por otra parte también se puntúa positivamente la no exigencia de grandes medios para la construcción de cada alternativa.

Las menores puntuaciones irán a parar a las primeras dos alternativas, dada la complejidad de la construcción de los arcos en la primera de ellas y de las torres en el caso de la segunda. La alternativa 3 tiene mayor puntuación dado que se empleará una viga lanzadera para la construcción del tablero. Finalmente en el caso de las últimas 3 soluciones las puntuaciones serán elevadas dado el reducido vano entre pilas, las diferencias residen en la parte móvil: En la alternativa 4.1 será necesaria la construcción de 2 estructuras para albergar los ejes y la maquinaria de los vanos móviles. En el caso de la 4.2 sólo será necesario un apoyo dónde gire la torre y finalmente en la 4.3 simplemente se dispondrá en la pila el espacio suficiente para albergar el eje de giro de las 2 torres. Todo ello está reflejado en sus puntuaciones.

	Puntuación
Alternativa 1	15
Alternativa 2	45
Alternativa 3	25
Alternativa 4.1	60
Alternativa 4.2	70
Alternativa 4.3	75

4.7. PESO ESPECÍFICO DE CADA CRITERIO

A continuación se detalla el peso que tiene cada uno de los criterios sobre la nota final:

- Presupuesto 20%
- Gálibo 15%
- Impacto visual 25%
- Impacto sobre la ría 20%
- Accesibilidad 10%
- Construcción 10%

5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Tras valorar las alternativas, los resultados obtenidos son los siguientes:

Alternativa 1	0,30
Alternativa 2	0,28
Alternativa 3	0,24
Alternativa 4.1	0,70
Alternativa 4.2	0,74
Alternativa 4.3	0,6

Resultados obtenidos por el método de las medias ponderadas

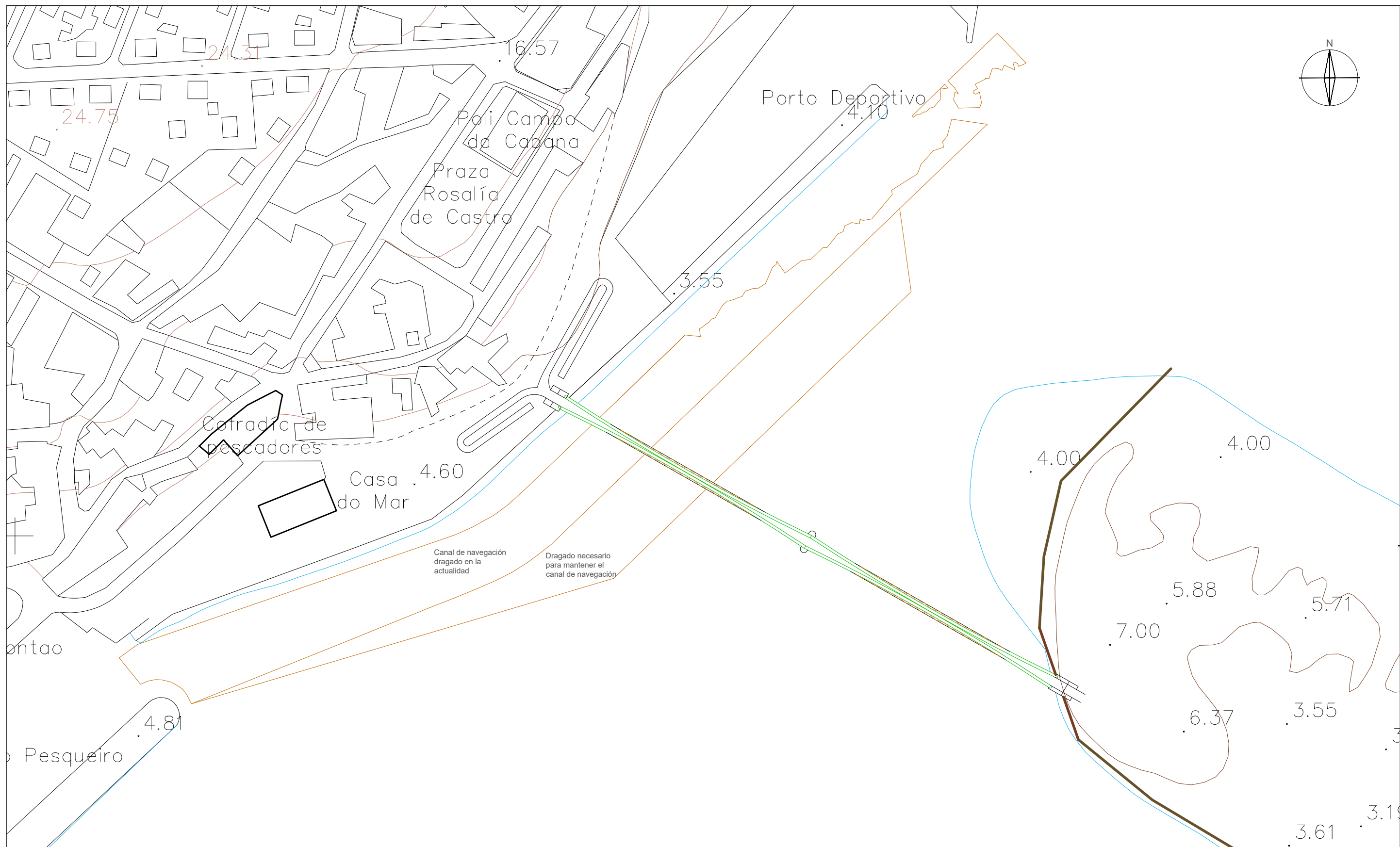
Alternativa 1	0,47
Alternativa 2	0,39
Alternativa 3	0,24
Alternativa 4.1	4,67
Alternativa 4.2	4,84
Alternativa 4.3	1,83

Resultados obtenidos por el método Press

6. ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Tras todo lo expuesto anteriormente estamos en disposición de afirmar que la alternativa escogida es la Alternativa 4.2 y sobre ella se desarrollará el presente anteproyecto.

APÉNDICE 1. PLANOS DE LAS ALTERNATIVAS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 1 - Planta

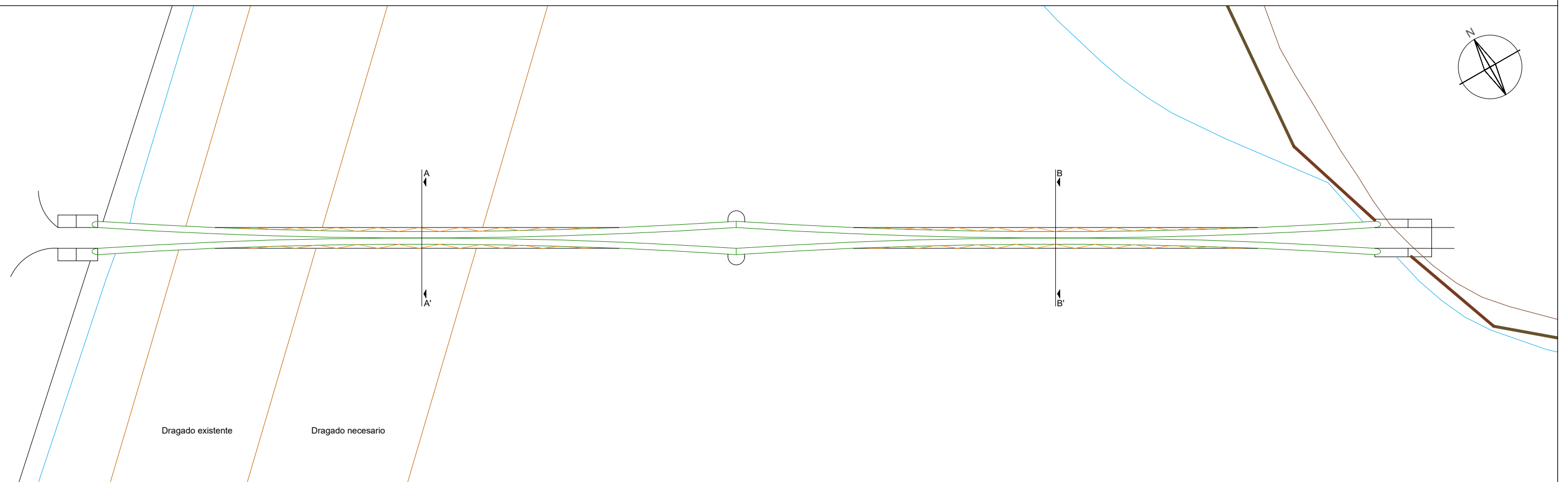
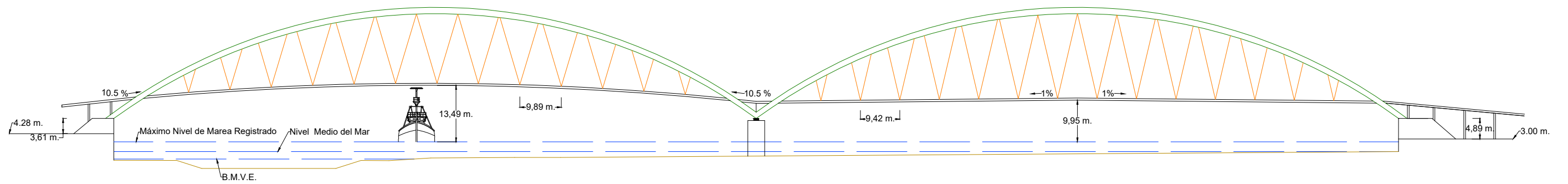
Plano Nº: 1

Escala:
1/2000

Escala gráfica:
0 20 40 metros

Hoja Nº: 1/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 1 - Alzado y Planta

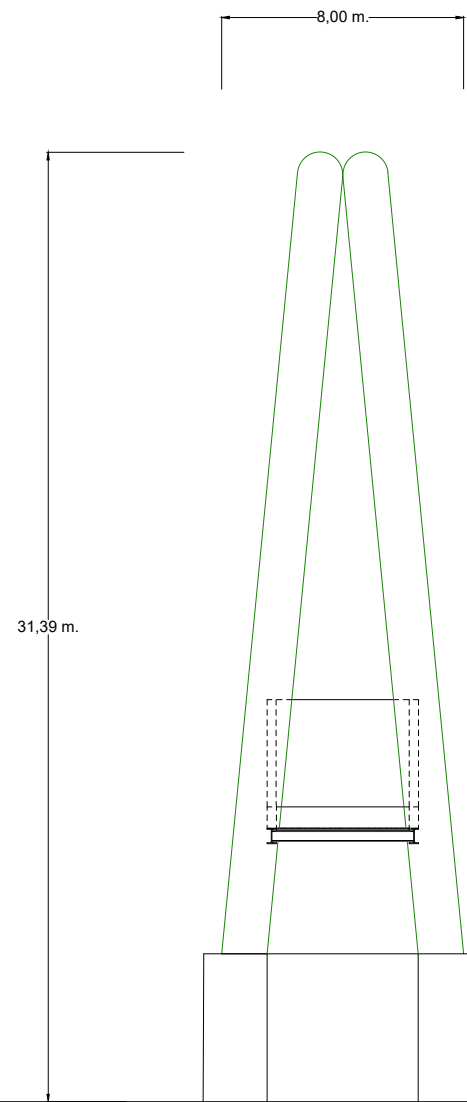
Plano N°: 1

Escala:
1/1000

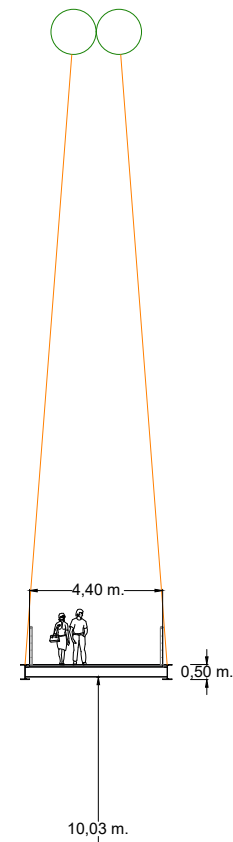
Escala gráfica:
0 10 20 metros

Hoja N°: 2/3

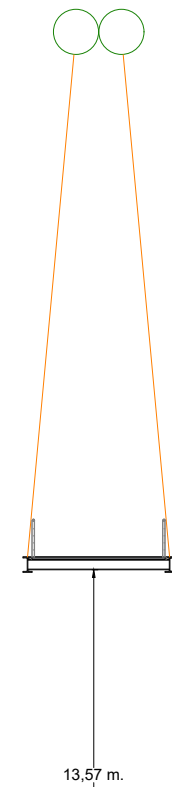
Fecha: Junio 2016



Perfil Sureste



Sección B-B'



Sección A-A'

Máximo Nivel de Marea Registrado
Nivel Medio del Mar
Lecho de la Ría

Máximo Nivel de Marea Registrado
Nivel Medio del Mar
Lecho del la Ría



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza



Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 1 - Perfil Sureste y Secciones

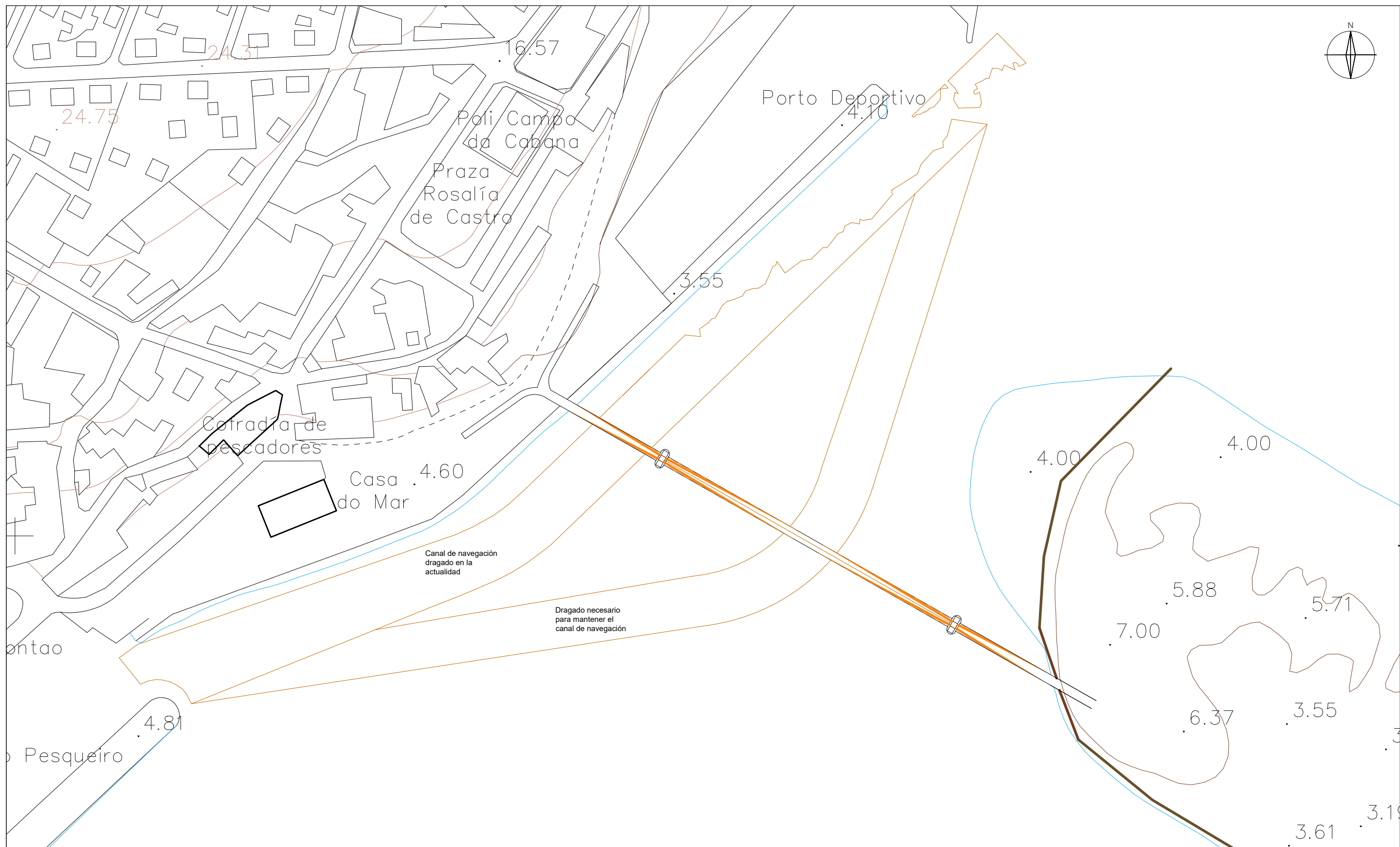
Plano N°: 1

Escala:
1/250

Escala gráfica:
0 2.5 5 metros

Hoja N°: 3/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 2 - Planta

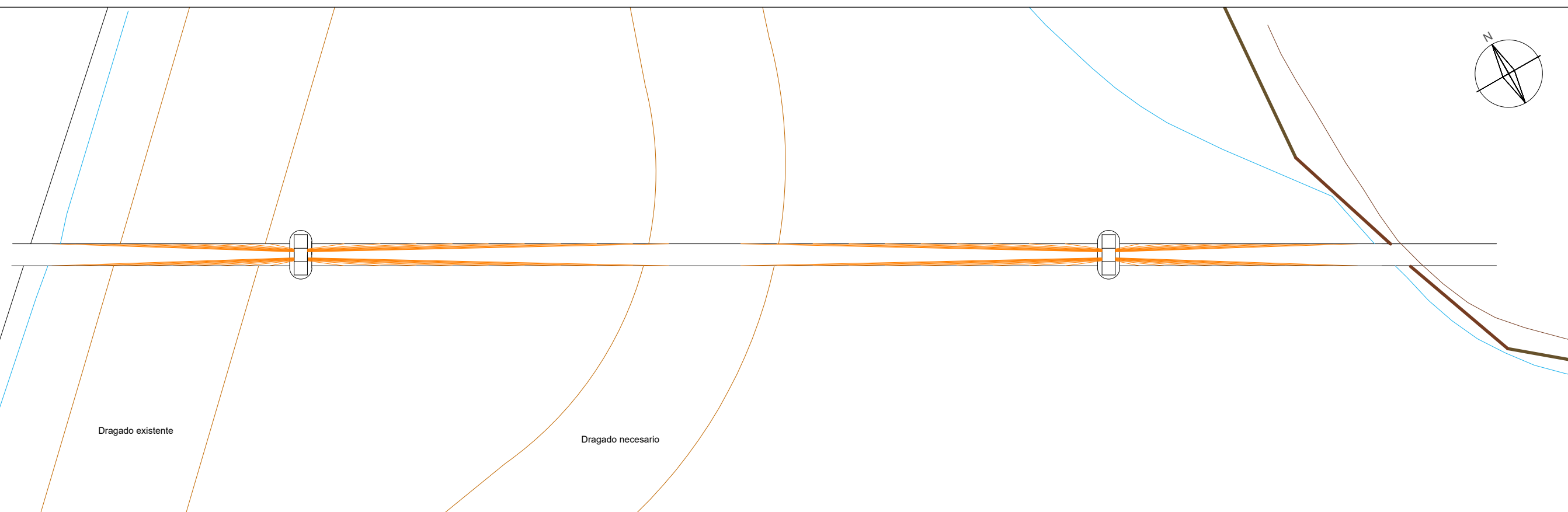
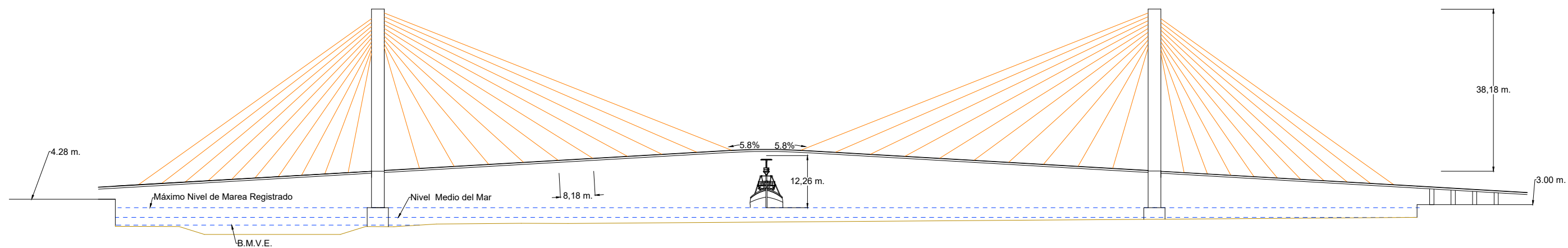
Plano Nº: 2

Escala:
1/2000

Escala gráfica:
0 20 40 metros

Hoja Nº: 1/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 2 - Alzado y Planta

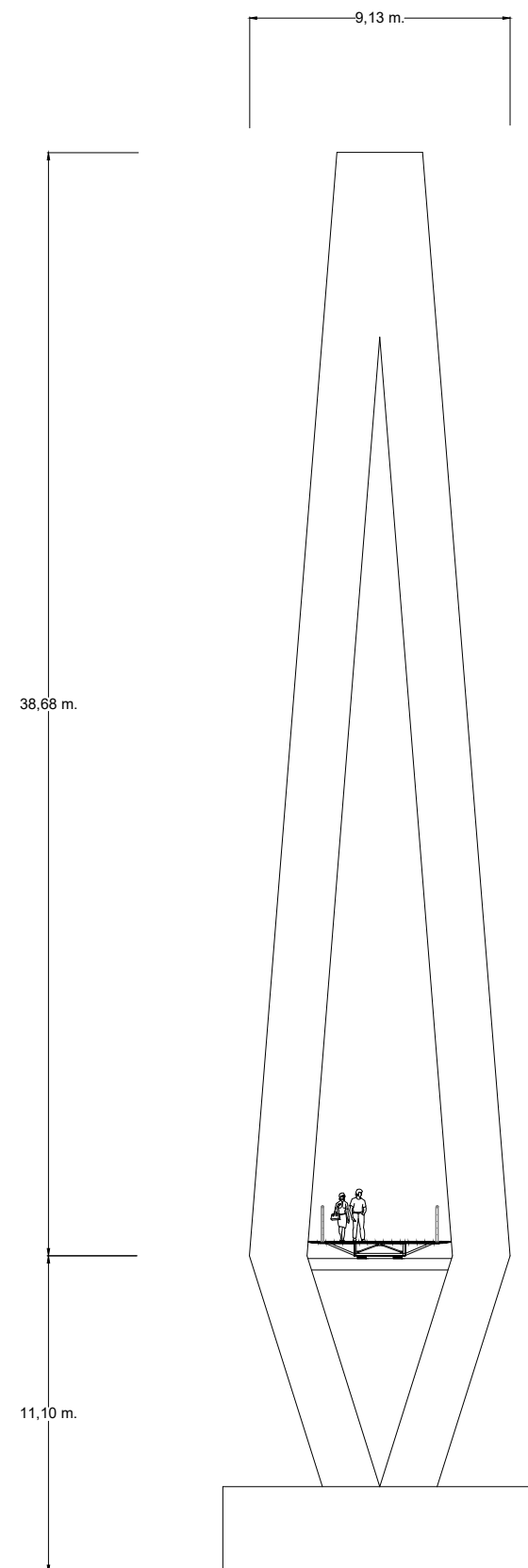
Plano N°: 2

Escala:
1/1000

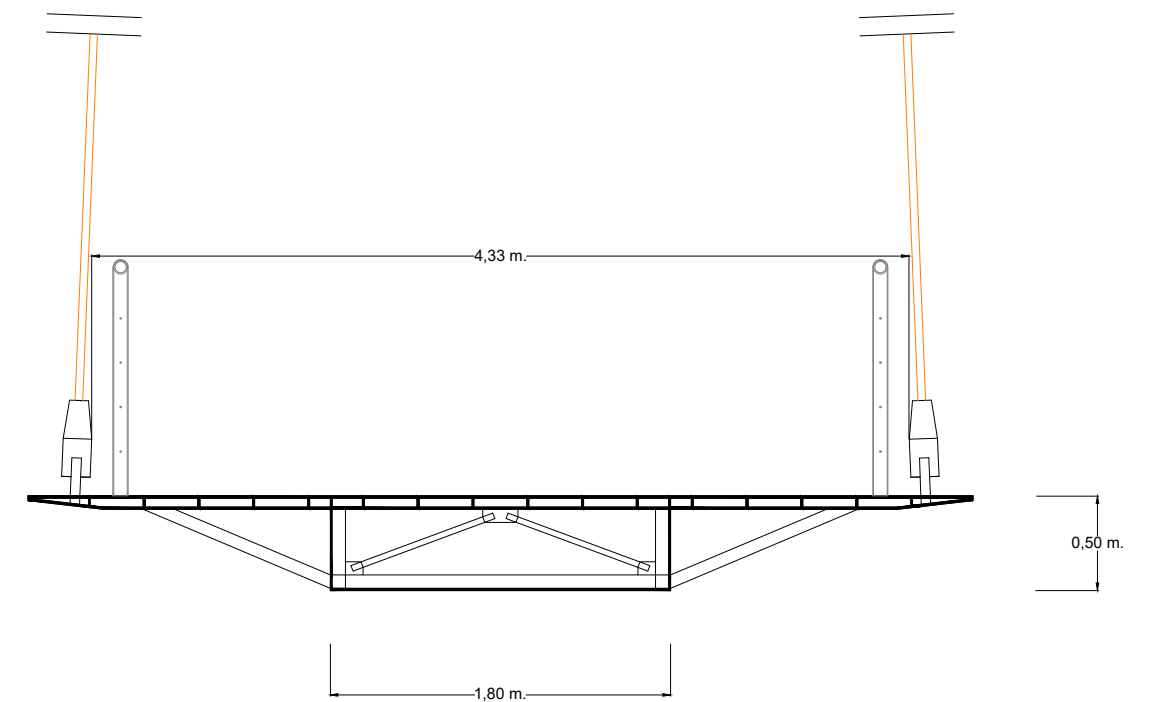
Escala gráfica:
0 10 20 metros

Hoja N°: 2/3

Fecha: Junio 2016



Sección Torre
Escala: 1/250



Detalle de la sección del tablero
Escala: 1/40



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 2 - Sección Torre y Detalle Tablero

Plano N°: 2

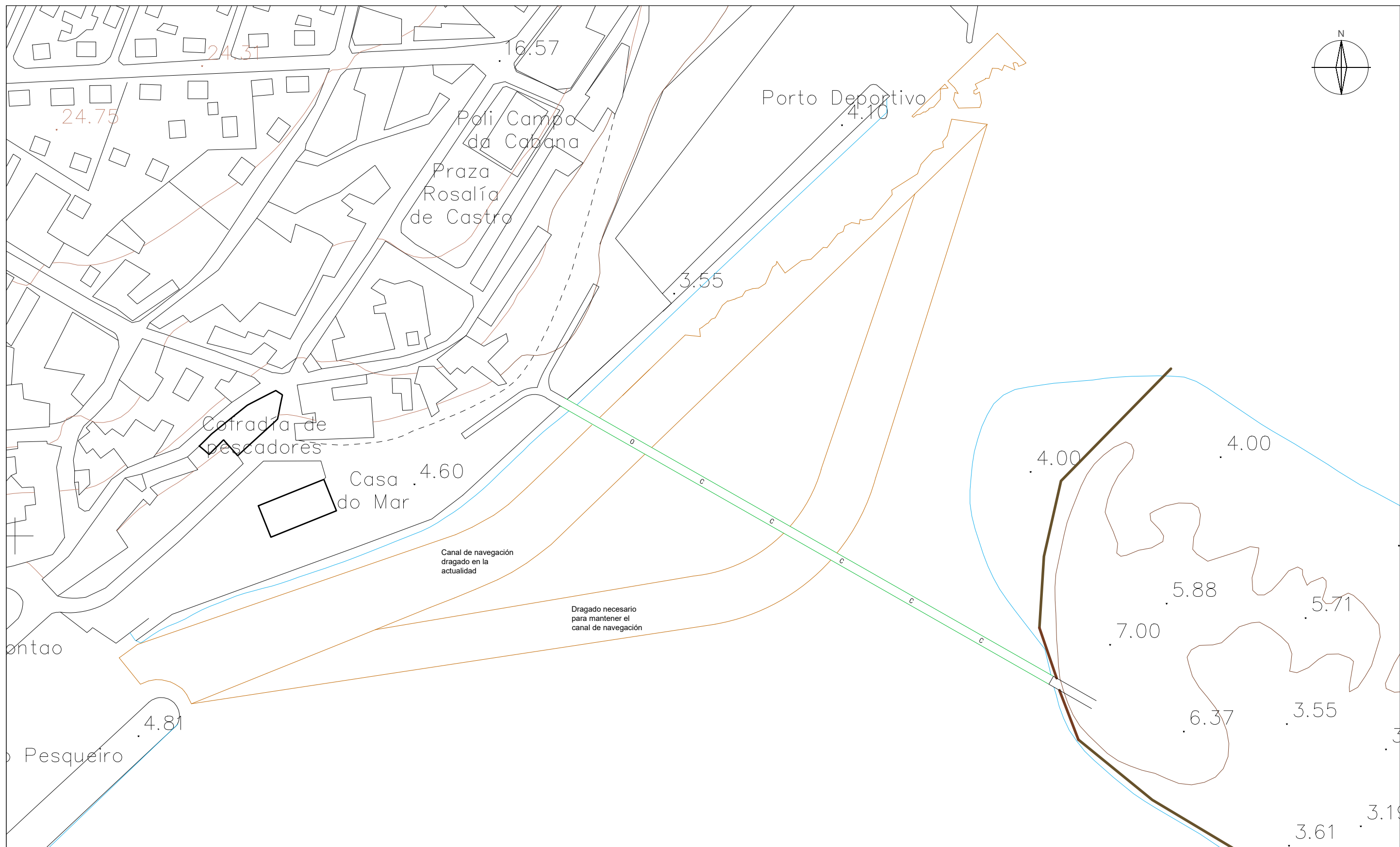
Escala:

1/250

1:40

Hoja N°: 3/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 3 - Planta

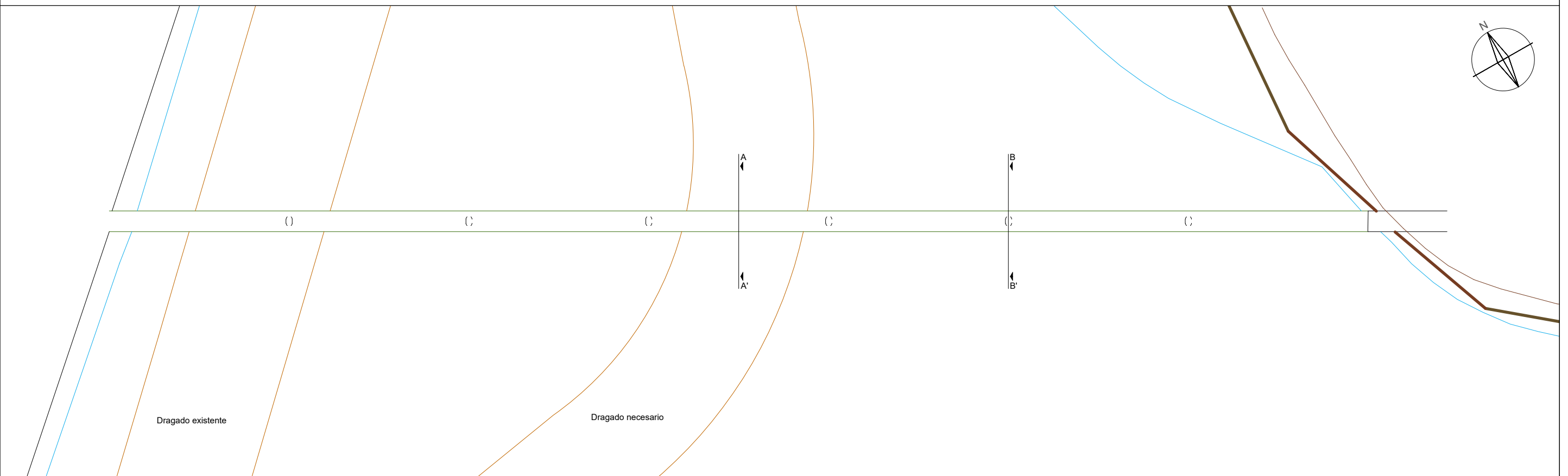
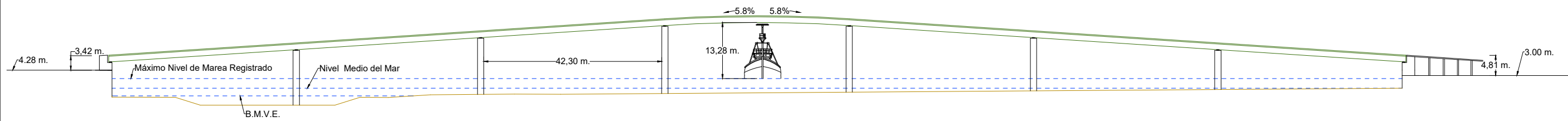
Plano Nº: 3

Escala:
1/2000

Escala gráfica:
0 20 40 metros

Hoja Nº: 1/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 3 - Alzado y Planta

Plano Nº: 3

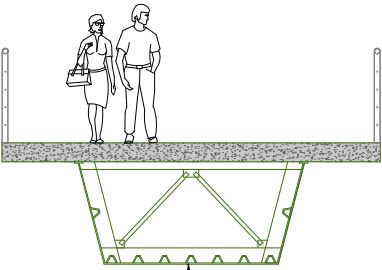
Escala:
1/1000

Escala gráfica:
0 10 20 metros

Hoja Nº: 2/3

Fecha: Junio 2016

Sección A-A'



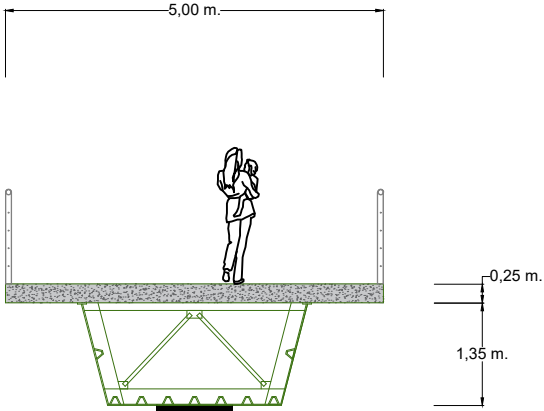
13,28 m.

Máximo Nivel de Marea Registrado

Nivel Medio del Mar

Lecho de la Ría

Sección B-B'



0,25 m.

1,35 m.

Máximo Nivel de Marea Registrado

Nivel Medio del Mar

Lecho de la Ría



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 3 - Secciones

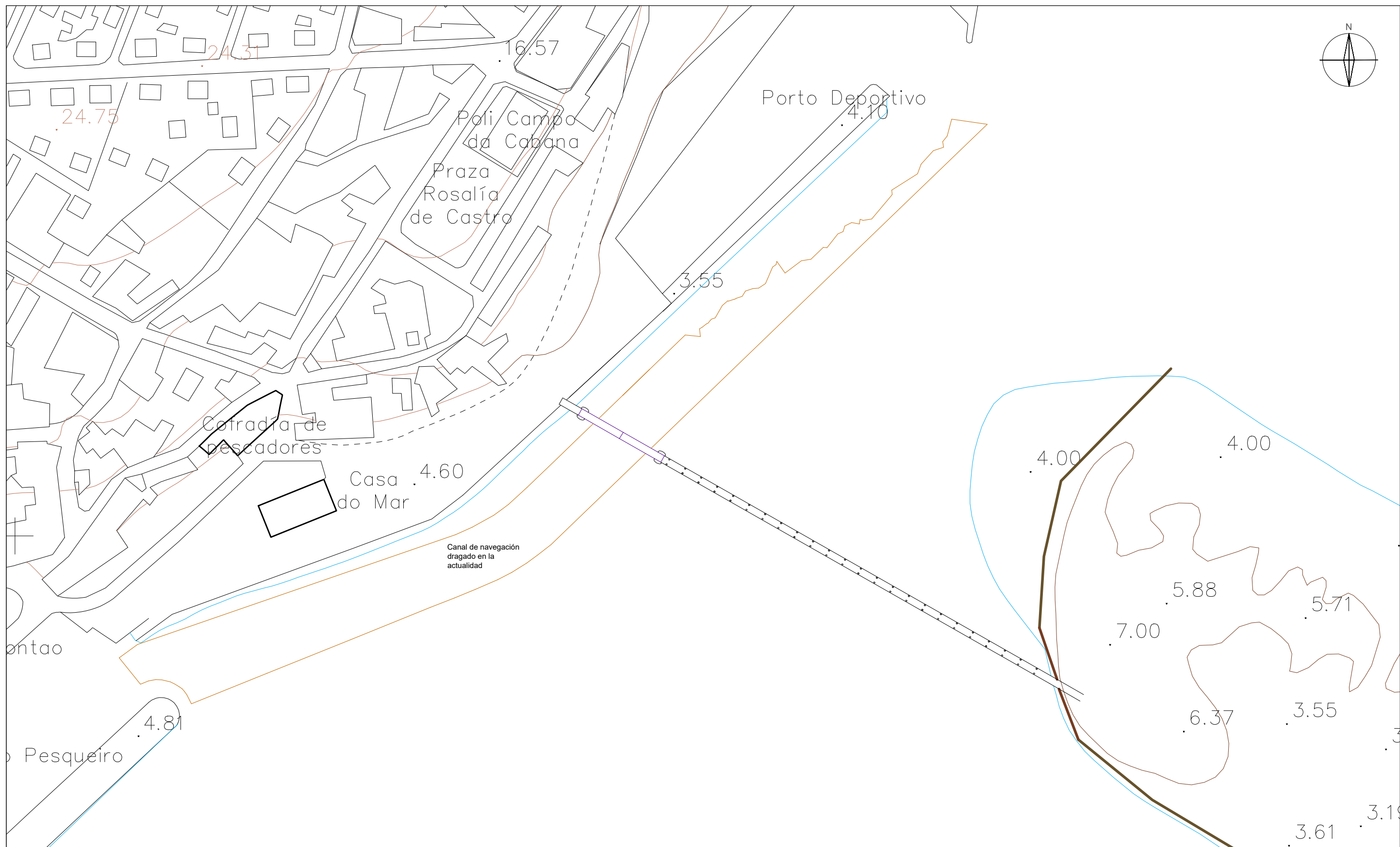
Plano Nº: 3

Hoja Nº: 3/3

Escala: 1/100

Escala gráfica:
0 1 2 metros

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.1 - Planta

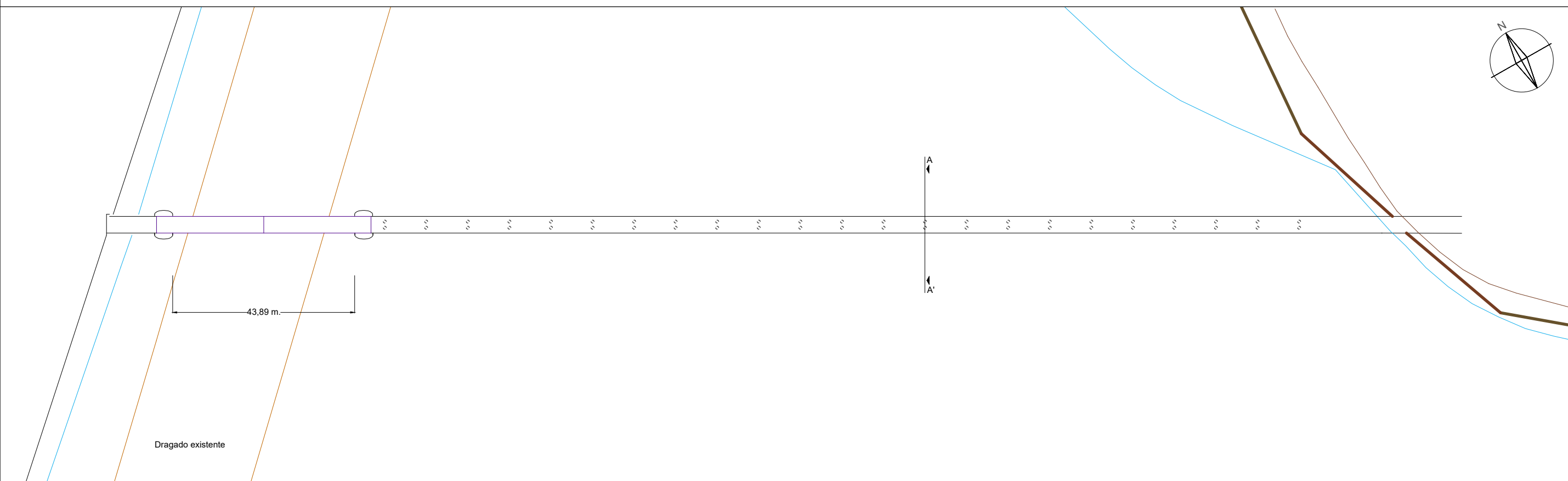
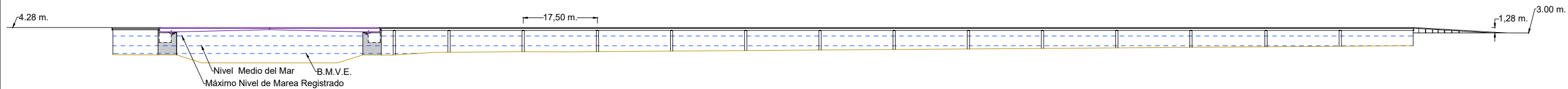
Plano Nº: 4

Escala:
1/2000

Escala gráfica:
0 20 40 metros

Hoja Nº: 1/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.1 - Alzado y Planta

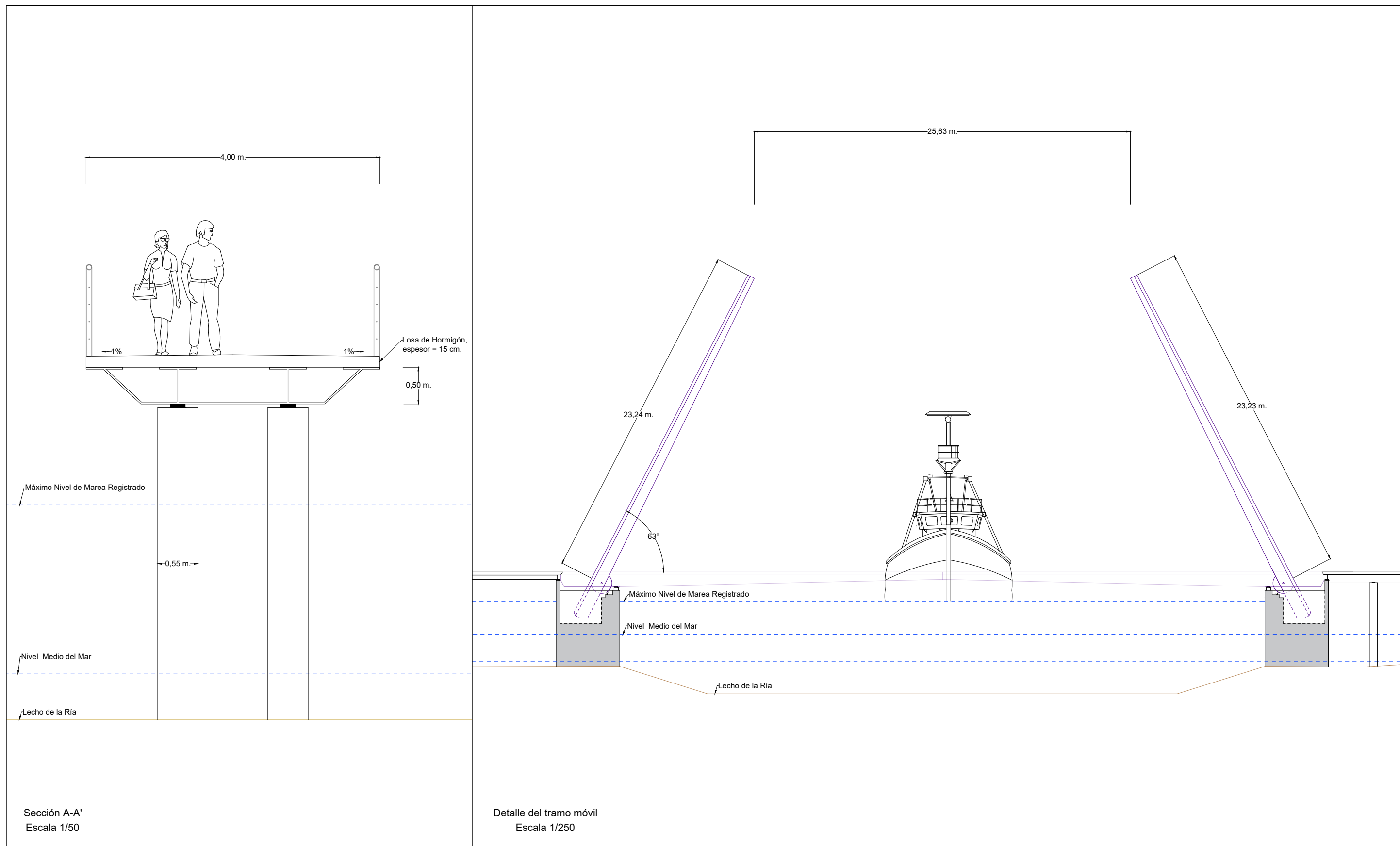
Plano Nº: 4

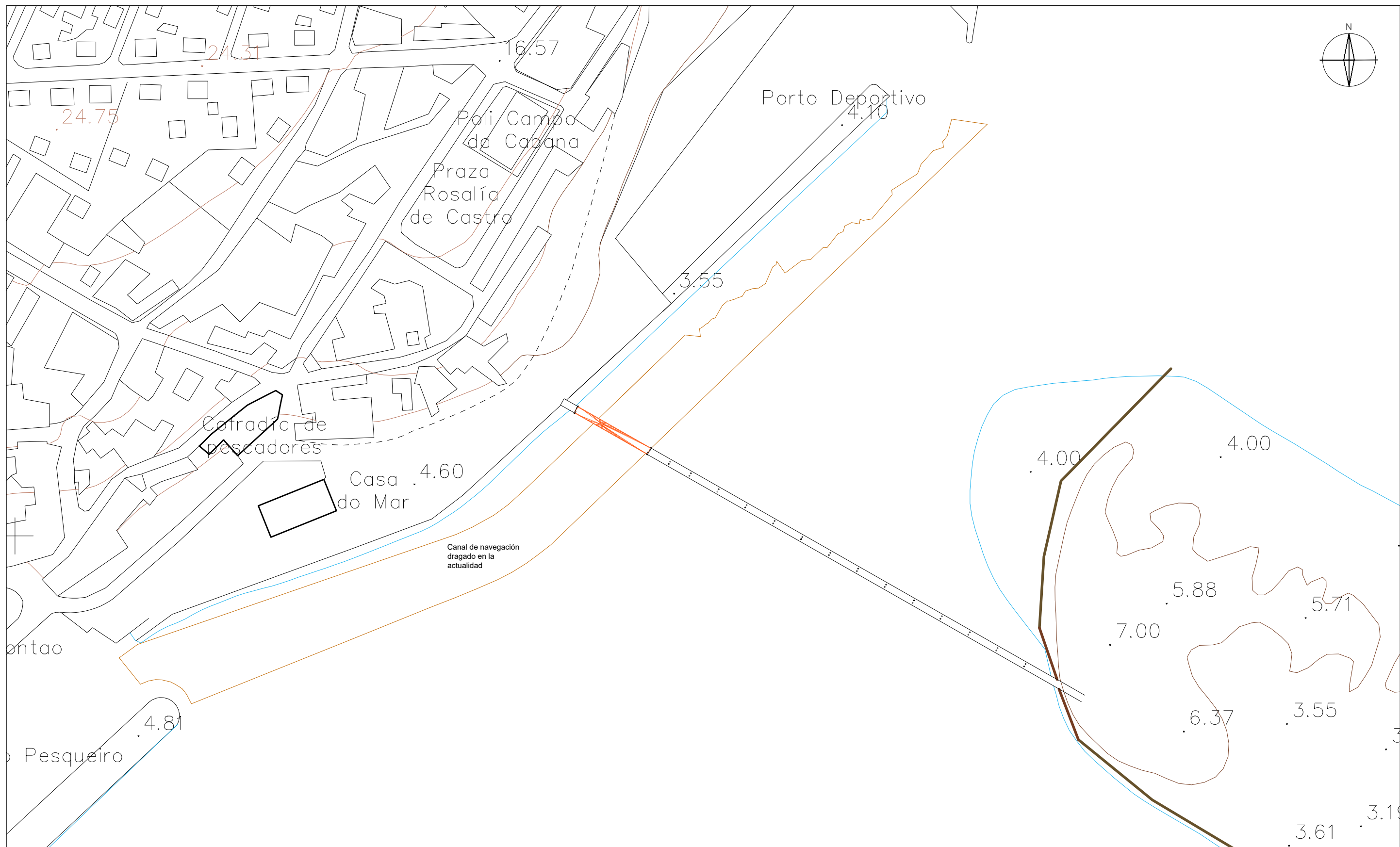
Escala:
1/1000

Escala gráfica:
0 10 20 metros

Hoja Nº: 2/3

Fecha: Junio 2016





UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.2 - Planta

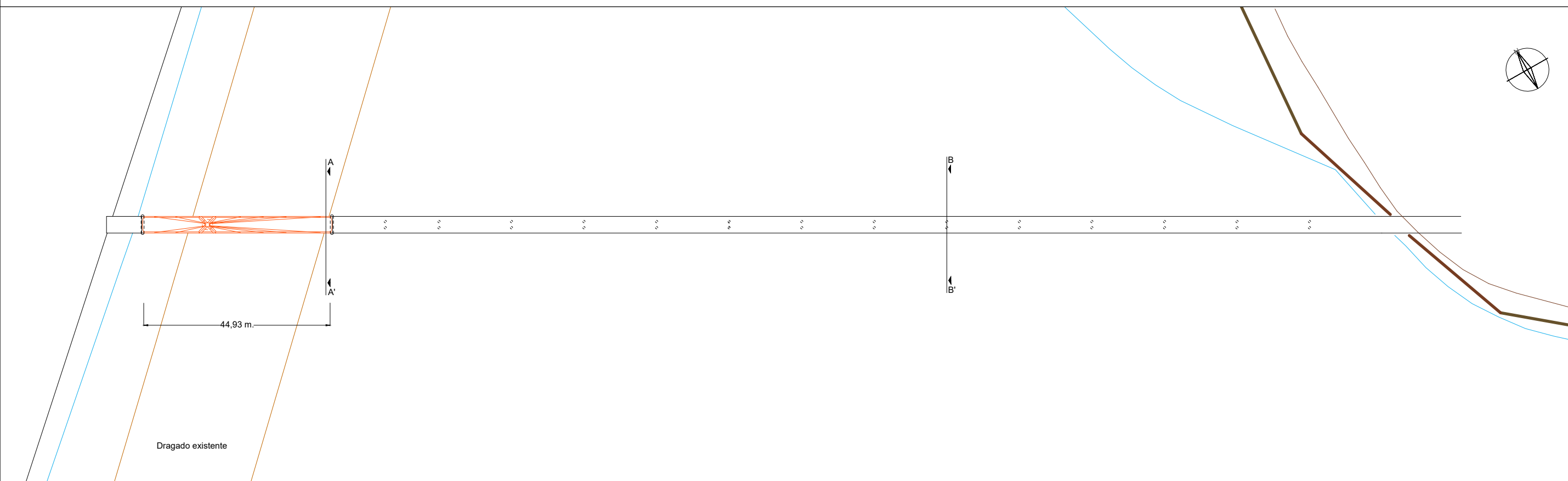
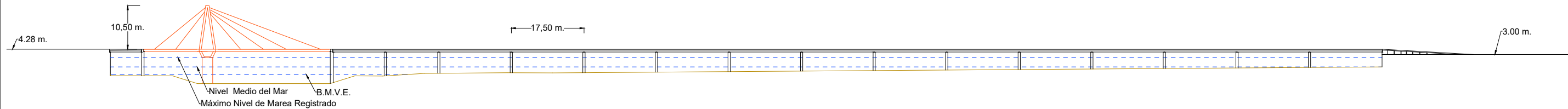
Plano Nº: 5

Escala:
1/2000

Escala gráfica:
0 20 40 metros

Hoja Nº: 1/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.2 - Alzado y Planta

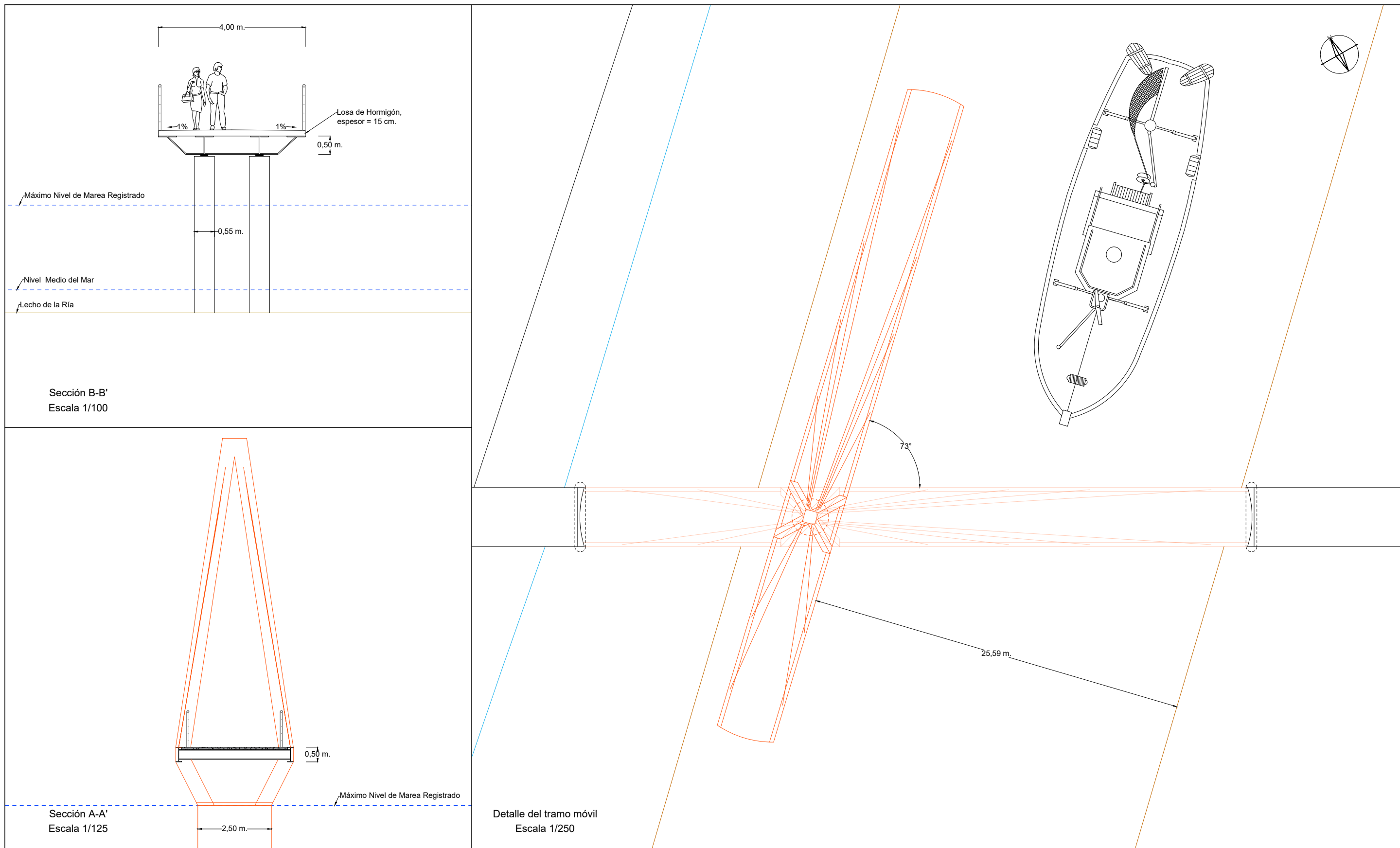
Plano Nº: 5

Escala:
1/1000

Escala gráfica:
0 10 20 metros

Hoja Nº: 2/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza



Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.2 - Secciones y Detalle

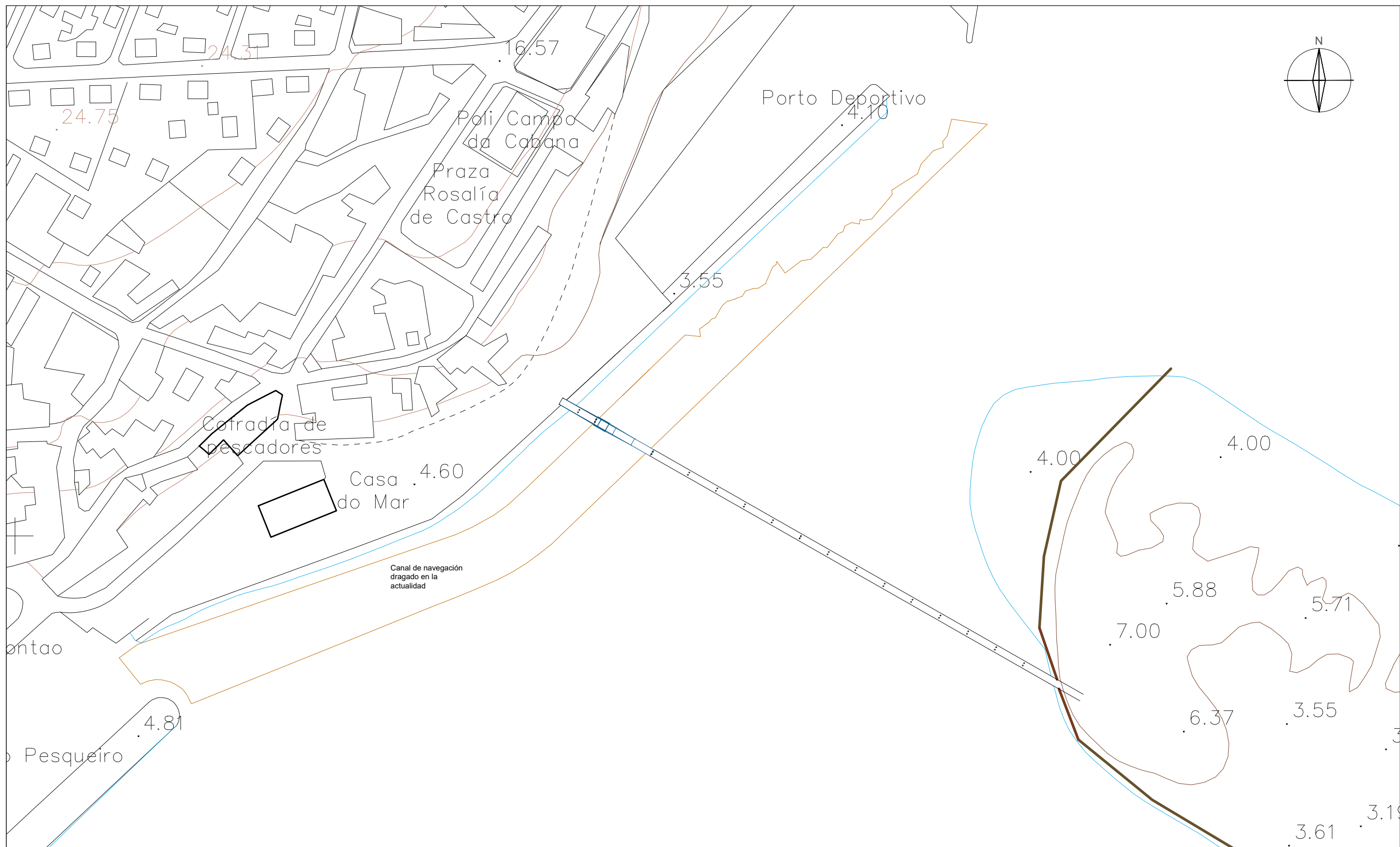
Plano N°: 5

Escalas:

1/100 1/125 1/250

Hoja N°: 3/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.3 - Planta

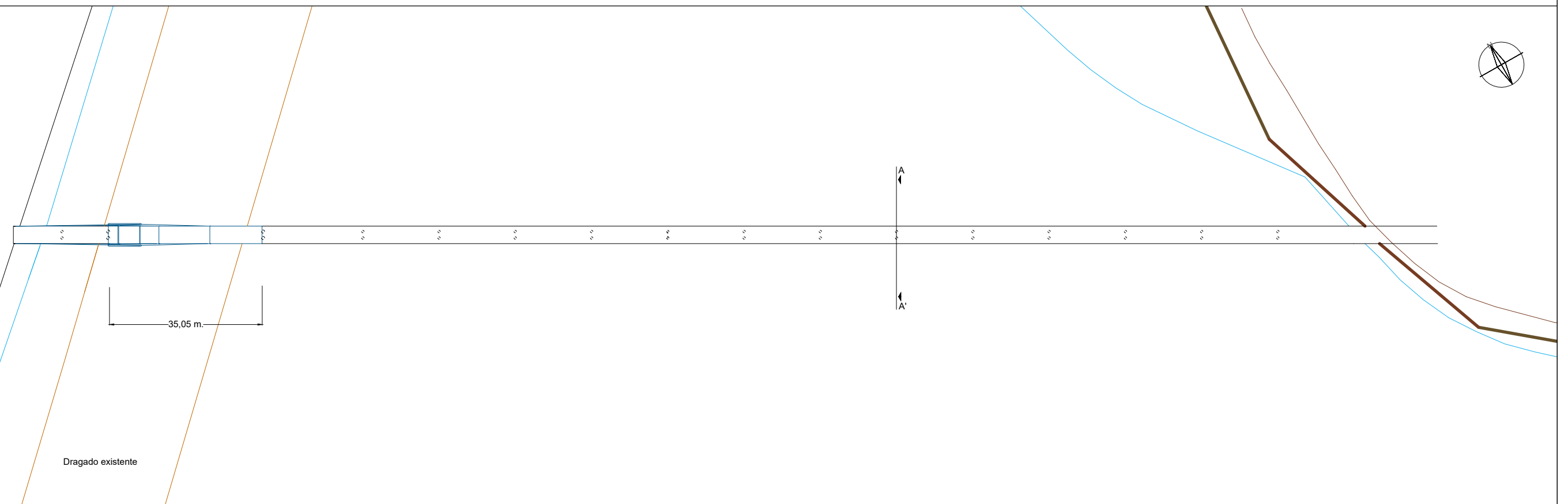
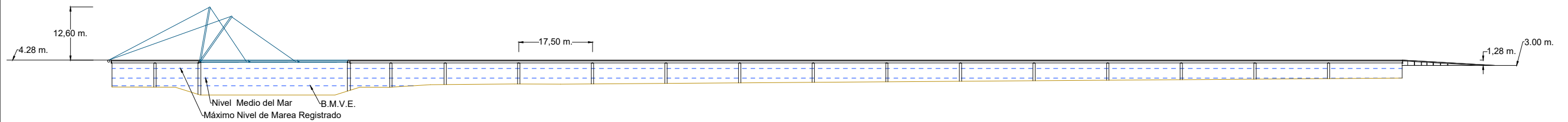
Plano Nº: 6

Escala:
1/2000

Escala gráfica:
0 20 40 metros

Hoja Nº: 1/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.3 - Alzado y Planta

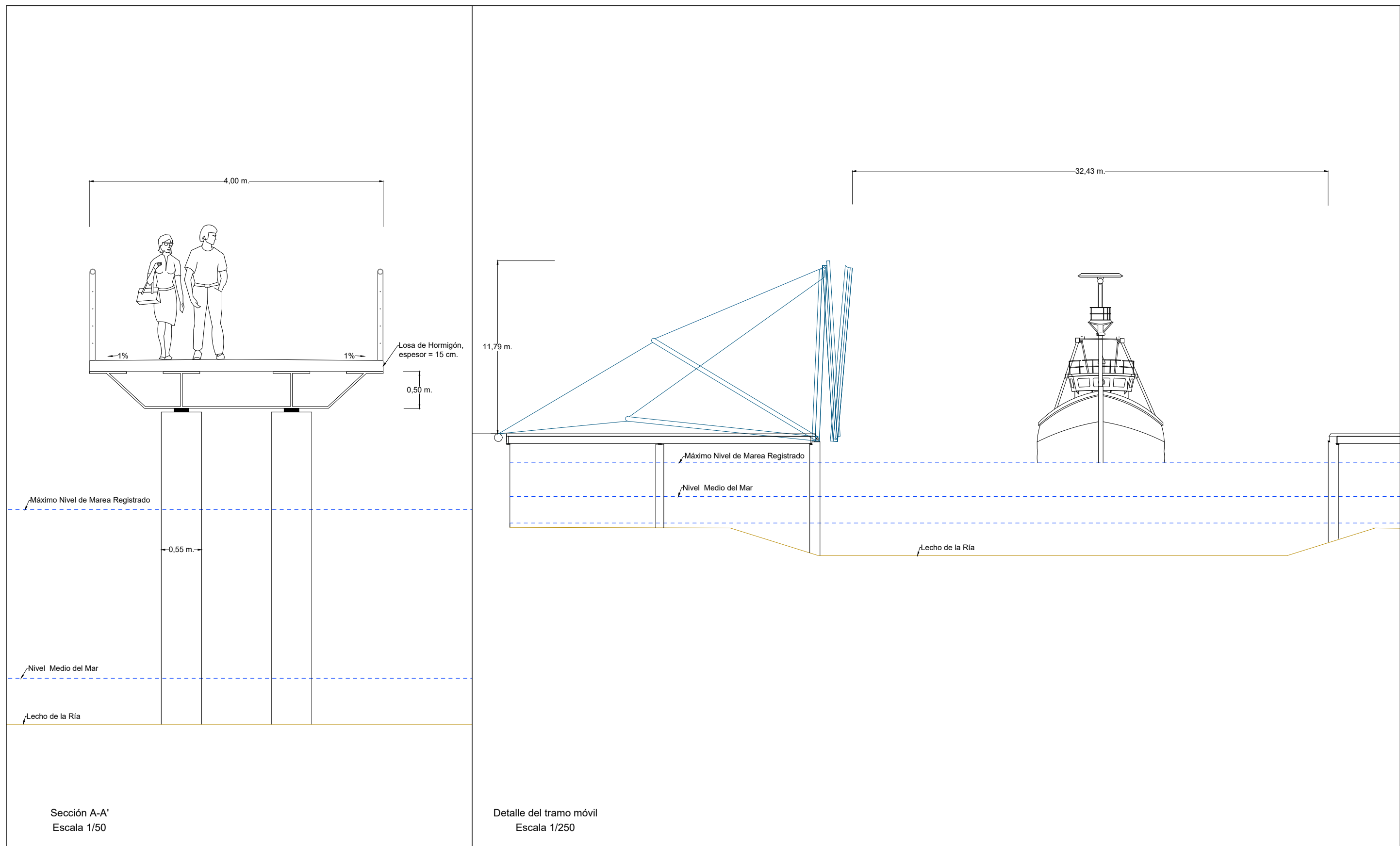
Plano Nº: 6

Escala:
1/1000

Escala gráfica:
0 10 20 metros

Hoja Nº: 2/3

Fecha: Junio 2016



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza



Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Alternativa 4.3 - Secciones y Detalle

Plano Nº: 6

Hoja Nº: 3/3

Escala:

1/50

1/250

Fecha: Junio 2016

ANEJO 6: DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA



ÍNDICE

1. Introducción..... 74

2. Parte Fija 74

2.1. Superestructura 74

2.1.1. Tablero 74

2.1.2. Aparatos de apoyo 74

2.1.3. Barandilla..... 75

2.1.4. Pavimento 75

2.2. Subestructura 75

2.2.1. Pilas - Cimentación..... 75

3. Parte móvil 75

3.1. Superestructura..... 75

3.1.1. Tablero 75

3.1.2. Torre 76

3.1.3. Tirantes..... 76

3.2. Subestructura 77

3.2.1. Pilas - Cimentación..... 77

3.2.2. Apoyos..... 77

4. Materiales 77

4.1. Introducción..... 77

4.2. Acero Estructural 77

4.3. Hormigón..... 78

4.4. Cables para tirantes..... 79

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se describirán los principales aspectos de la solución adoptada, tanto las tipologías, como los materiales empleados, así como las partes más significativas de la misma.

Podemos considerar la estructura en dos partes diferenciadas:

Por un lado tenemos el elemento móvil, compuesto por una torre metálica, apoyada sobre una pila de hormigón, que sustenta mediante un sistema de tirantes un tablero mixto de acero y hormigón encargado de soportar el pavimento.

Por otro lado tenemos dos tramos fijos, formados por un tablero mixto en forma de cajón de acero, con una losa superior de hormigón; todo ello apoyado sobre pilas de hormigón, encargadas de transmitir las cargas al terreno.

Además una parte muy importante del presente proyecto sería la relativa a los mecanismos que hacen posible el movimiento. Dado el carácter académico del mismo y a que el conocimiento sobre el funcionamiento y diseño de los mismos se escapa del ámbito de la ingeniería civil, el sistema de mecanismos se ha descrito de manera esquemática y simplificada. En el caso de un proyecto real serían proyectados por empresas especializadas una vez determinados los esfuerzos que deben soportar, tal como se definen en este proyecto.

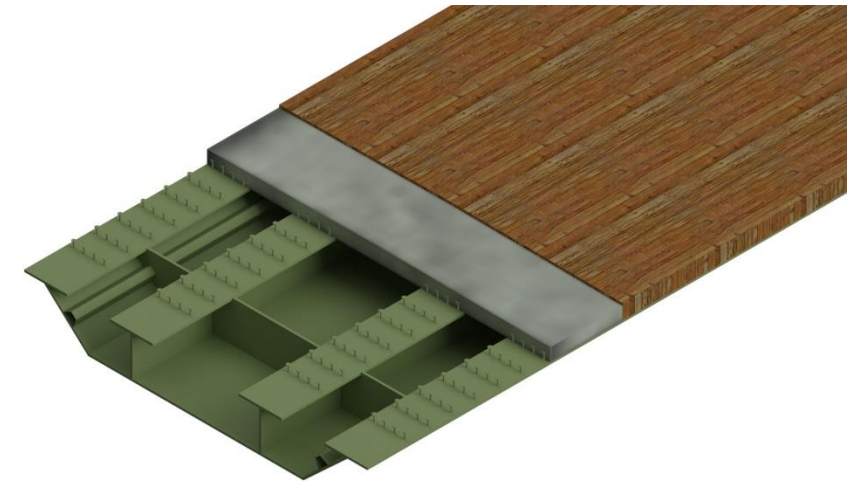
2. PARTE FIJA

2.1. SUPERESTRUCTURA

2.1.1. TABLERO

El tablero está separado en dos tramos, la parte más larga tiene una longitud total de 253,53 metros y la parte corta 8.01 metros, está dividido en vanos de 17,50 metros. Cuenta con una pendiente transversal a dos aguas, medida desde el eje del tablero, de un 1%.

La sección transversal del tablero consiste en un cajón metálico de 4 metros de ancho y 0.5 de canto y una losa de hormigón armado de 15 cm de espesor. El cajón está constituido por chapas de acero de 25mm de espesor; en su parte interior dispone de dos refuerzos en forma de "T", realizados con la misma chapa que el resto del tablero, para mejorar el comportamiento de la sección ante las solicitaciones correspondientes al estado límite de deformaciones y de rotura, facilitando la transmisión del cortante de la parte superior a la inferior. Para más detalles y una mejor concepción de las dimensiones de la sección se puede consultar el plano nº10 del Documento nº2: Planos.



Detalle del tablero de la parte fija

2.1.2. APARATOS DE APOYO

La unión entre el tablero metálico de la pasarela y las pilas de hormigón se realiza mediante dos tipos diferentes de apoyos: Uno fijo, que no permite el movimiento en la dirección paralela al eje del tablero ni en la dirección transversal al mismo, y uno móvil, que al igual que el anterior no permite el movimiento en la dirección transversal al eje del tablero pero sí paralelamente al eje del mismo.

- Los apoyos fijos serán de neopreno confinado tipo "POT"
- Los apoyos móviles serán del tipo de Neopreno – Teflón

2.1.3. BARANDILLA

La pasarela se diseña para un tránsito mixto de peatones y ciclistas, siendo necesaria una barandilla de 1.25 m de altura, valor establecido en la guía del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) para el diseño de pasarelas Peatonales como elementos de caminos naturales.



Detalle de la barandilla

Se busca un aspecto estético agradable para el usuario así como una integración del elemento en el entorno. Para ello se realiza una barandilla metálica de acero S355 formada por 1 elemento horizontal de 72 mm de diámetro dispuesto a una altura de 1.25 y a continuación 4 barras de acero de 10 mm de diámetro repartidas a lo largo de la altura de la barandilla. Los elementos verticales son perfiles de acero de sección continua en dirección transversal de 80 mm de ancho. En dirección longitudinal también tienen un ancho de 80 mm y está separados una distancia de 2.50 m.

2.1.4. PAVIMENTO

El pavimento será de madera de pino con tratamiento de autoclave, se anclará sobre la losa de hormigón mediante pletina metálica y taco químico. Este tendrá una superficie rugosa antideslizante y tendrá la misma pendiente que la losa de hormigón (1% a dos aguas) para facilitar la evacuación de las aguas pluviales.



Pavimento

2.2. SUBESTRUCTURA

2.2.1. PILAS - CIMENTACIÓN

Las pilas serán de hormigón armado HA-35 y armaduras pasivas en acero B-500SD. Su sección transversal será circular disponiendo de un recubrimiento de 40 mm. El acabado exterior será pulido para dificultar el agarre de algas y suciedad sobre las mismas. El diámetro será de 550 mm.

Las pilas están cimentadas sobre un encepado de 4400x6000x1000 mm y debajo del cual se disponen 10 pilotes pretensados de sección cuadrada de 400 mm de lado, que irán empotrados en el estrato rocoso en una longitud de 3200 mm.

3. PARTE MÓVIL

3.1. SUPERESTRUCTURA

3.1.1. TABLERO

En el caso de la parte móvil, el tablero tiene una longitud total de 45,30 metros y estará dividido en dos vanos suspendidos mediante cables, uno principal de 28,00 metros y otro de compensación de 13,47 metros. Estará formado por una sección mixta compuesta por dos vigas longitudinales IPE 750 arriostradas transversalmente mediante perfiles de sección cuadrada de 300 mm de lado. Todo ello rematado con una losa de hormigón de 10 cm de espesor.

El pavimento será el mismo que en la parte fija de la pasarela: madera de pino con tratamiento de autoclave, y además de cumplir las mismas características especificadas anteriormente, será dotado de una pendiente del 1% para facilitar la evacuación de las aguas pluviales.

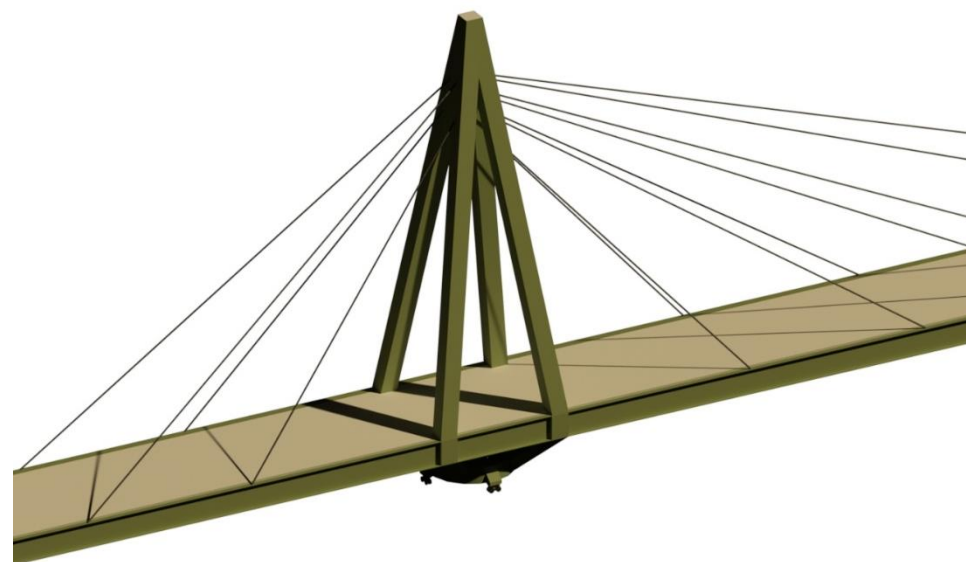
En el vano corto se dispondrán unas chapas de acero de 20 mm de espesor para actuar como contrapeso.



Detalle del tablero del tramo móvil

3.1.2. TORRE

La torre estará compuesta por 4 perfiles de sección hueca cuadrada de lado 500 mm y espesor 25mm, dispuestos en forma de diamante; la parte interior de los perfiles se rigidizará mediante chapas de 20 mm. Esta tendrá una altura sobre el tablero de 10,5 metros, y el vínculo entre el tablero y la torre se realizará mediante 12 tirantes; 8 para el vano más largo y 4 para el vano de compensación.



Detalle de la torre

3.1.3. TIRANTES

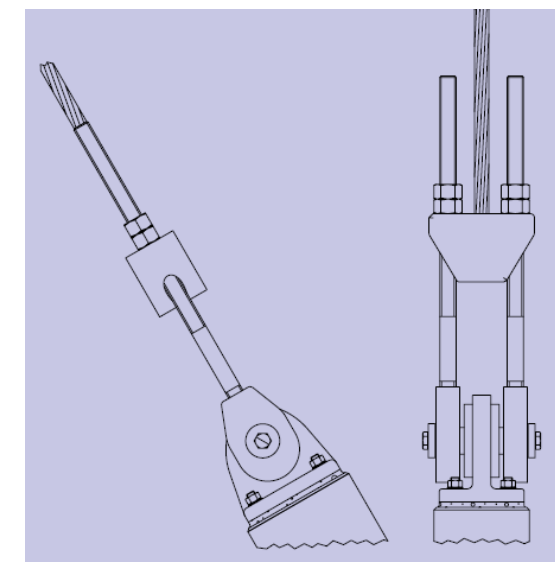
Como se expone con anterioridad el vínculo entre el tablero y la torre se lleva a cabo mediante 12 tirantes. Éstos estarán formados por un cable cerrado de 35 mm de diámetro de acero de alta resistencia del tipo Y-1860-S7, protegidos por una vaina de PEAD rellena de cera anticorrosiva. Para su anclaje se emplearán unas horquillas rotuladas en las torres y dos horquillas con un sistema de tesado en el tablero; por lo que la operación de tesado se realizará desde el tablero evitando trabajar en la torre.



Cable



Conexión tirante - torre



Conexión tirante - tablero

A continuación se detallan las longitudes de los tirantes y sus cargas de tesado:

Nº de cable	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Carga de tesado (kN)
1	35	11,5724	89,169
2	35	16,1083	88,796
3	35	21,1626	179,062
4	35	28,9992	214,347
5	35	28,9992	214,347
6	35	21,1626	179,062
7	35	16,1083	88,796
8	35	11,5724	89,169
9	35	11,7822	277,716
10	35	16,2723	274,882
11	35	16,2723	274,882
12	35	11,7822	277,716

3.2. SUBESTRUCTURA

3.2.1. PILAS - CIMENTACIÓN

Las pilas exteriores (Pilas 1 y 3) serán de hormigón armado HA-35 y armaduras pasivas en acero B-500-SD. Su sección transversal será rectangular disponiendo de dos semicírculos en su parte más estrecha; tendrán un recubrimiento mínimo de 40 mm. El acabado exterior será pulido para dificultar el agarre de algas y suciedad sobre las mismas. Sus dimensiones serán de 4742 mm de largo y 700 mm de ancho. La pila 1 tendrá una altura de 5660 mm y la 3 de 7471 mm.

Estas pilas se diseñan de un mayor tamaño por ser el punto de apoyo de la estructura móvil y dado que al estar a los lados del canal navegable, existe el riesgo de que una embarcación choque contra ellas, por tanto han de tener la suficiente resistencia para que soporten el impacto sin que la estructura principal resulte dañada

Las pilas están cimentadas sobre un encepado de pilotes de 2200x6242x700 mm y debajo del cual se disponen 4 pilotes pretensados de sección cuadrada y 350 mm de lado, en el caso de la pila 1, y 10 pilotes de iguales características en el caso de la pila 3; que irán empotrados en el estrato rocoso en una longitud de 2800 mm.

La pila central será de sección circular con un diámetro de 2500 mm, estará realizada con hormigón HA-35 y armaduras pasivas en acero B-500-SD. Tendrá un recubrimiento mínimo de 40 mm y al igual que el resto de pilas, su acabado exterior será pulido.

Para su cimentación se dispone un encepado de 5800x5800x700 mm, bajo el cual se ejecutan 16 pilotes prefabricados de lado 400 mm.

3.2.2. APOYOS

En los extremos los apoyos se realizarán mediante 2 placas resbaladeras ubicadas en las pilas 1 y 3 que permitirán el deslizamiento de las vigas longitudinales durante las maniobras de apertura y cierre; para asegurar que no se produzcan movimientos una vez cerrada la pasarela, se dispondrán 2 mecanismos de enclavamiento en cada uno de los extremos del tablero.

En el punto de rotación (Pila 2) se dispondrá una placa resbaladera en la parte inferior del tablero y unos rodamientos en la parte superior de la pila. Así mismo se colocará un carril en el que encajarán las ruedas exteriores de la parte móvil.

Para realizar la maniobra, un motor conectado a un piñón (ubicado en la pila) hará girar una corona dentada soldada al tramo móvil; lo que desplazará la misma alrededor de la pila 2 produciendo el movimiento de rotación.

Para una mejor concepción del mecanismo de giro y los enclavamientos se pueden consultar los planos nº 11 y 13 del Documento nº2: Planos.

4. MATERIALES

4.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se especificarán las características de los materiales que se requieren para la construcción de la pasarela peatonal objeto de este anteproyecto. Estas características responden, con carácter general y según el tipo de material, a las exigencias de las normativas vigentes. Las propiedades aquí definidas serán valores nominales que se han de considerar como valores característicos en los cálculos.

4.2. ACERO ESTRUCTURAL

El acero es el material más utilizado para la construcción de los elementos de la estructura proyectada, se realizan en acero S355J0, con límite elástico de 355 N/mm², por tratarse en todo momento de secciones con espesor entre 16 y 40 mm.

A modo de resumen, las características genéricas del acero estructural obtenidas de la Instrucción de Acero Estructural (EAE-11) se exponen a continuación:

- Módulo de elasticidad: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de elasticidad transversal: $G = 80769231 \text{ kN/m}^2$
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0.3$
- $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Densidad: $\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico			Tensión de rotura	
	f_y (N/mm ²)				
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	f_u (N/mm ²) $3 \leq t \leq 100$	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20

4.3. HORMIGÓN

El hormigón se utilizará en las pilas, en los estribos y en la losa superior del tablero. Asimismo será empleado para la ejecución de las respectivas cimentaciones.

El primer paso para determinar el tipo de hormigón a utilizar es caracterizar la clase general de exposición ambiental siguiendo la tabla 8.2.2 de la EHE. Empleamos 2 clases diferentes de hormigón: IIIb (correspondiente a estructuras permanentemente sumergidas o bajo el nivel mínimo del mar) para los pilotes y los encepados y IIIc (correspondiente a zonas en carrera de marea y susceptibles a salpicaduras) para las losas superiores y las pilas.

La docilidad del hormigón será la necesario para que puesto en obra rellene completamente los encofrados sin que se produzcan coqueras. Para este proyecto se utilizará un hormigón con consistencia blanda (B), pues salvo que se requiera en aplicaciones específicas, se evitará el uso de las consistencias seca (S) y plástica (P).

Los áridos a emplear cumplirán las especificaciones contenidas en la EHE-08, artículo 28. Serán áridos de granulometría continua, de tamaño máximo 20mm procedentes de machaqueo.

De acuerdo con las recomendaciones de la EHE-08 en su anejo 4 relativas a la elección del tipo de cemento en función de la aplicación del hormigón, se adopta un cemento CEM III/B, adecuado para hormigón armado en grandes volúmenes.

Durante el curado del hormigón deberá asegurarse el mantenimiento de su humedad mediante riego directo sin producir deslavado. El tiempo a prolongar el curado no está definido de forma unívoca, aunque se considera adecuado empezar el curado a partir de las 2-3 horas tras el fraguado y prologarlo aportando agua durante 7 días. A partir de entonces si fuese necesario se consideraría la opción de utilizar algún producto químico de curado para crear una capa de sellado en la superficie.

Para determinar la resistencia mínima del hormigón nos remitimos a la tabla 37.3.2.b de la EHE-08 en la que se establece que para el tipo de ambiente en que nos encontramos, es necesario un mínimo de resistencia de 35 N/mm^2 . De acuerdo con lo anterior, el hormigón utilizado para las cimentaciones (los encepados, los pilotes y los estribos) será HA-35/B/20/IIIb; mientras que para las pilas emplearemos un hormigón HA-35/B/20/IIIc.

Para nivelar las superficies bajo los apoyos elastoméricos, se empleará un mortero monocomponente de base cementosa de altas características mecánicas, exento de cloruros y de gran fluidez, sin retracción, constituyendo una superficie plana de apoyo.

- Acero para armaduras

Las armaduras pasivas de los elementos de hormigón de la estructura estará constituidas por acero B-500-SD, mientras que para los pilotes pretensados se utilizará un acero Y1860 S7. Las características de ambos materiales se obtienen de las tablas 32.2.a y 34.5.b de la EHE - 08, que se adjuntan a continuación:

Tabla 34.5.b Cordones de 7 alambres

Designación	Serie de diámetros nominales, en mm	Carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ en N/mm ²
Y 1770 S7	16,0	1.770
Y 1860 S7	9,3 - 13,0 - 15,2 - 16,0	1.860

Tabla 32.2.a Tipos de acero corrugado

Tipo de acero		Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
Designación		B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Límite elástico, f_y (N/mm ²) ⁽¹⁾		≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, f_u (N/mm ²) ⁽¹⁾		≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,5}$ (%)		≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{m\acute{a}x}$ (%)	acero suministrado en barra	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 7,5
	acero suministrado en rollo ⁽³⁾	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 10,0	≥ 10,0
Relación f_u/f_y ⁽²⁾		≥ 1,05	≥ 1,05	$1,20 \leq f_u/f_y \leq 1,35$	$1,15 \leq f_u/f_y \leq 1,35$
Relación $f_y \text{ real}/f_y \text{ nominal}$		--	--	≤ 1,20	≤ 1,25

4.4. CABLES PARA TIRANTES

Los tirantes serán cables cerrados de diámetro 35 mm, estarán formados por acero Y1860 y presentarán, entre otras, las siguientes propiedades:

- Carga unitaria máxima: $f_{m\acute{a}x} = 1860 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de elasticidad (tolerancia de $\pm 7 \%$): $E = 1.953 \times 10^8 \text{ KN/m}^2$

Para su protección contra la corrosión, estos irán alojados en el interior de una vaina de PEAD rellena de cera anticorrosiva.

ANEJO 7: CÁLCULOS

ÍNDICE

1.	Introducción.....	82
1.1.	Objeto.....	82
1.2.	Normativa.....	82
2.	Acciones de cálculo.....	82
2.1.	Introducción.....	82
2.2.	Valores característicos de las acciones.....	82
2.2.1.	Acciones permanentes de valor constante (G).....	82
2.2.2.	Acciones variables (Q).....	83
2.2.3.	Acciones accidentales.....	87
2.3.	Valor representativo de las acciones.....	87
2.3.1.	Valor representativo de las acciones permanentes.....	87
2.3.2.	Valores representativos de las acciones variables.....	88
2.4.	Valor de cálculo de las acciones.....	88
2.4.1.	Estados límite último.....	88
2.4.2.	Estados límite de servicio.....	89
2.5.	Combinación de acciones.....	90
2.5.1.	Combinación de acciones para E.L.U.....	90
2.5.2.	Combinación de acciones para E.L.S.....	90
2.6.	Estados de carga.....	90
3.	Modelos de cálculo.....	92
3.1.	Introducción.....	92
3.1.1.	Modelo 1: Predimensionamiento de tirantes.....	92
3.1.2.	Modelo 2: Tramo móvil.....	93
3.1.3.	Modelo 3: Tramo fijo.....	94
4.	Comprobación del estado límite de deformaciones.....	95
5.	Comprobación en los elementos metálicos (E.L.U.).....	96
5.1.	Resistencia de las secciones metálicas.....	96
5.2.	Resultados.....	98
5.2.1.	Secciones de acero.....	98
5.2.2.	Tirantes.....	98
5.2.3.	Resumen de las comprobaciones para el tramo fijo.....	99
5.2.4.	Resumen de las comprobaciones para el tramo móvil.....	100
6.	Subestructura.....	102
6.1.	Introducción.....	102
6.2.	Pila 2, pila 3 y fustes.....	102
6.3.	Cálculo de pilotes.....	103

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO

El presente anejo se redacta con el fin de describir los cálculos realizados para la definición de la estructura proyectada y la comprobación de sus elementos principales. Se comenzará comentando la normativa empleada en el cálculo, para proceder a describir las acciones que intervienen y el modelo estructural realizado por ordenador. Se justificarán los cálculos para la estructura metálica, atendiendo especialmente al dimensionamiento y comprobación de los elementos de la pasarela en sus estados límite últimos (ELU) y de servicio (ELS).

1.2. NORMATIVA

- "Instrucción de Acero Estructural" EAE
- "Eurocodigo 3" EC-3
- "Instrucción de Hormigón Estructural" EHE-08
- "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera" IAP-11.
- "Recomendaciones y manuales técnicos. E-12: Manual de Tirantes." CICCIP.

2. ACCIONES DE CÁLCULO

2.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este apartado será la determinación de las acciones, los coeficientes de ponderación y las combinaciones de acciones que deben tenerse en cuenta en el presente proyecto. De este modo, la estructura será proyectada y construida para que, con una probabilidad razonable, sea capaz de soportar todas las acciones que puedan solicitarla durante su construcción y uso, en el período de vida previsto, y de cumplir la función para la que ha sido construida con unos costes de conservación aceptables. Además, la estructura ha de ser concebida de manera que las consecuencias de acciones excepcionales no produzcan daños desproporcionados con la causa que los ha originado.

En lo referente a puentes de carretera, la IAP-11 establece una vida útil de proyecto de 100 años, entendiéndose por vida útil de una estructura el periodo de tiempo a partir de la fecha en que finaliza su ejecución, durante el cual debe cumplir la función para la que fue construida, contando siempre con la conservación adecuada sin requerir operaciones significativas de rehabilitación.

2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS ACCIONES

En este apartado se detallan las distintas acciones consideradas para el cálculo de la estructura, así como los valores adoptados para cada una. Se han seguido las pautas establecidas en la IAP-11 aplicada a pasarelas peatonales cuando proceda.

A efectos de aplicación de esta instrucción se adopta la clasificación de las acciones atendiendo a su variación en el tiempo, siendo ésta la que sigue:

- Acciones permanentes (G): son las que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud para una situación de proyecto determinada.
- Acciones permanentes de valor no constante (G*): son las que actúan en todo momento pero cuya magnitud no es constante.
- Acciones variables (Q): son acciones externas a la estructura que pueden actuar o no, y, si lo hacen, pueden tener diferentes valores.
- Acciones accidentales (A): son acciones de corta duración cuya probabilidad de actuación durante la vida útil de la estructura es pequeña, pero cuyos efectos pueden ser considerables.

2.2.1. ACCIONES PERMANENTES DE VALOR CONSTANTE (G)

Las cargas permanentes son producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte del puente. A efectos de aplicación de esta Instrucción se clasifican en peso propio y cargas muertas.

Su valor característico se deducirá de las dimensiones de los elementos especificados en los planos, y de los pesos específicos correspondientes.

a) Peso propio

Su valor característico se deducirá de las dimensiones especificadas en los planos y de los pesos específicos correspondientes. Salvo justificación expresa, se tomarán los valores de los pesos específicos de la tabla 3.1-a de la IAP 11:

TABLA 3.1-a PESOS ESPECÍFICOS DE DIVERSOS MATERIALES [kN/m³]

Fundición	72,5
Acero	78,5
Aluminio	27,0
Madera seca	6,0 a 9,0
Madera húmeda	10,5
Hormigón en masa	23,0 a 24,0
Hormigón armado y pretensado	25,0
Elementos de basalto, pórfidos y ofitas	31,0
Elementos de granito o caliza	30,0
Materiales granulares y rellenos (zahorras, gravas y arenas)	20,0
Pavimentos de mezcla bituminosa	23,0
Material elastomérico	15,0
Poliestireno expandido	0,3
Vidrio	25,0

El peso propio es introducido en el modelo definiendo la densidad y el peso específico de los distintos materiales, y asociando éstos a las secciones correspondientes de dichos elementos.

No se considerará en modelo el PP de Tirantes puesto que su consideración supondría que los tirantes sufrieran flexión y se originasen importantes flechas No reales. Se supone que dicho peso está perfectamente compensado mediante el tesado de los mismos.

b) Cargas Muertas

Serán las debidas a los elementos no estructurales que graviten sobre los estructurales, en este caso se considerarán cargas muertas la barandilla, el pavimento y, en el caso de la pasarela móvil, el contrapeso que se dispone en el vano de compensación.

○ Barandilla

La carga de la barandilla se modeliza, en el caso de la pasarela móvil, como una carga uniformemente distribuida sobre las vigas principales de valor 0,7 kN/m; y en el caso de la pasarela fija, una carga uniformemente distribuida de valor 1,4 kN/m sobre la barra que representa el tablero.

○ Pavimento

Del mismo modo que en el apartado anterior, el peso propio del pavimento se modeliza como un carga uniformemente distribuida repartida entre las vigas transversales para la pasarela móvil, y como una única carga uniformemente distribuida para la pasarela fija, obteniéndose los siguientes valores:

Tramo Móvil:

Elemento N°	Carga (kN/m)
10	1
13	0,97
14	0,38
15	0,76
16	0,76
17	0,76
22	0,87
23	1,27
24	1,62
25	1,62
26	1,62
27	0,81
8	0,92

Tramo Fijo:

Q = 1,18 kN/m

○ Contrapeso

Se modeliza como dos cargas uniformemente distribuidas de valor 18,75 kN/m y aplicadas en la parte correspondiente al vano corto de las dos vigas principales del tramo móvil.

2.2.2. ACCIONES VARIABLES (Q)

a) Sobrecarga de uso

Por tratarse de una pasarela peatonal, los efectos estáticos de la sobrecarga de uso debida al tráfico de peatones se determinan considerando la acción simultánea de las siguientes cargas definidas en el apartado 4.1.8 de la IAP-11.

- 1) Una carga vertical uniformemente distribuida q_{fk} de valor igual a 5 kN/m². En el caso del tablero fijo, dado que se modela como un elemento barra, esta carga se aplicará distribuida linealmente en toda su longitud. Por unidad de longitud, la carga está aplicada

sobre los 4 m de anchura del tablero, por lo que el valor característico de la acción será de 20kN/m.

En el caso del tablero móvil la sobrecarga se repartirá sobre las vigas transversales.

- 2) Una fuerza horizontal longitudinal Q_{flk} de valor igual al 10% del total de la carga vertical uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero al nivel de la superficie del pavimento.

Esta fuerza horizontal será en general suficiente para asegurar la estabilidad horizontal longitudinal de la pasarela.

En el caso de la sobrecarga vertical se considerarán 2 casos de carga para cada tramo:

- I. En el tramo fijo se considerará un caso de carga en el cual la sobrecarga está aplicada en toda la longitud del tablero, y otro en el que la sobrecarga está situada en el vano central y aplicada en la longitud de ese vano.
- II. En el tramo móvil se considerará un caso de carga en el cual la sobrecarga esta aplicada en toda la longitud del tramo y otro en el que está aplicada en la longitud del vano principal.

b) Viento

Dado que tanto los tramos fijos como el móvil tienen menos de 40 metros de luz y menos de 20 metros de altura máxima de pila; podemos emplear el cálculo simplificado del empuje del viento en tableros y pilas del apartado 4.2.8 de la IAP 11. Se comprueba que se cumplen las siguientes condiciones:

$$c_{f,x} \leq 1,8 \text{ en tableros}$$

$$c_{f,x} \leq 2,2 \text{ en pilas}$$

$$c_o = 1,0$$

$$c_{prob} \leq 1,04$$

Se considera el empuje unitario F_w/A_{ref} de la tabla 4.2-e y 4.2-f de la IAP 11:

TABLA 4.2-e EMPUJES UNITARIOS EN PUENTES CON ALTURA DE PILA: $H_{max} \leq 10 \text{ m}$

TIPO DE ENTORNO (APARTADO 4.2.2)	EMPUJE SOBRE TABLERO [kN/m ²]			EMPUJE SOBRE PILAS [kN/m ²]		
	$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 29 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 29 \text{ m/s}$
0	2,58	2,78	3,21	3,16	3,40	3,93
I	2,29	2,47	2,85	2,79	3,01	3,47
II	1,94	2,09	2,41	2,37	2,56	2,95
III	1,47	1,58	1,83	1,80	1,94	2,23
IV	0,93	1,00	1,15	1,14	1,23	1,42

TABLA 4.2-f EMPUJES UNITARIOS EN PUENTES CON ALTURA DE PILA: $H_{max} = 20 \text{ m}$

TIPO DE ENTORNO (APARTADO 4.2.2)	EMPUJE SOBRE TABLERO [kN/m ²]			EMPUJE SOBRE PILAS [kN/m ²]		
	$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 29 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$	$v_{b,0} = 29 \text{ m/s}$
0	2,93	3,16	3,65	3,58	3,86	4,45
I	2,64	2,85	3,29	3,23	3,48	4,02
II	2,31	2,49	2,88	2,83	3,05	3,52
III	1,88	2,03	2,34	2,29	2,47	2,85
IV	1,30	1,40	1,62	1,60	1,72	1,99

Tomando los empujes unitarios de las tablas e introduciendo el canto de cada elemento (para modelizar el viento en forma de cargas uniformemente distribuidas) obtenemos los siguientes valores:

Tramo móvil		Tramo fijo
Tablero (kN/m)	Torre (kN/m)	Tablero (kN/m)
3,21	2,095	3,21

c) Acción Térmica

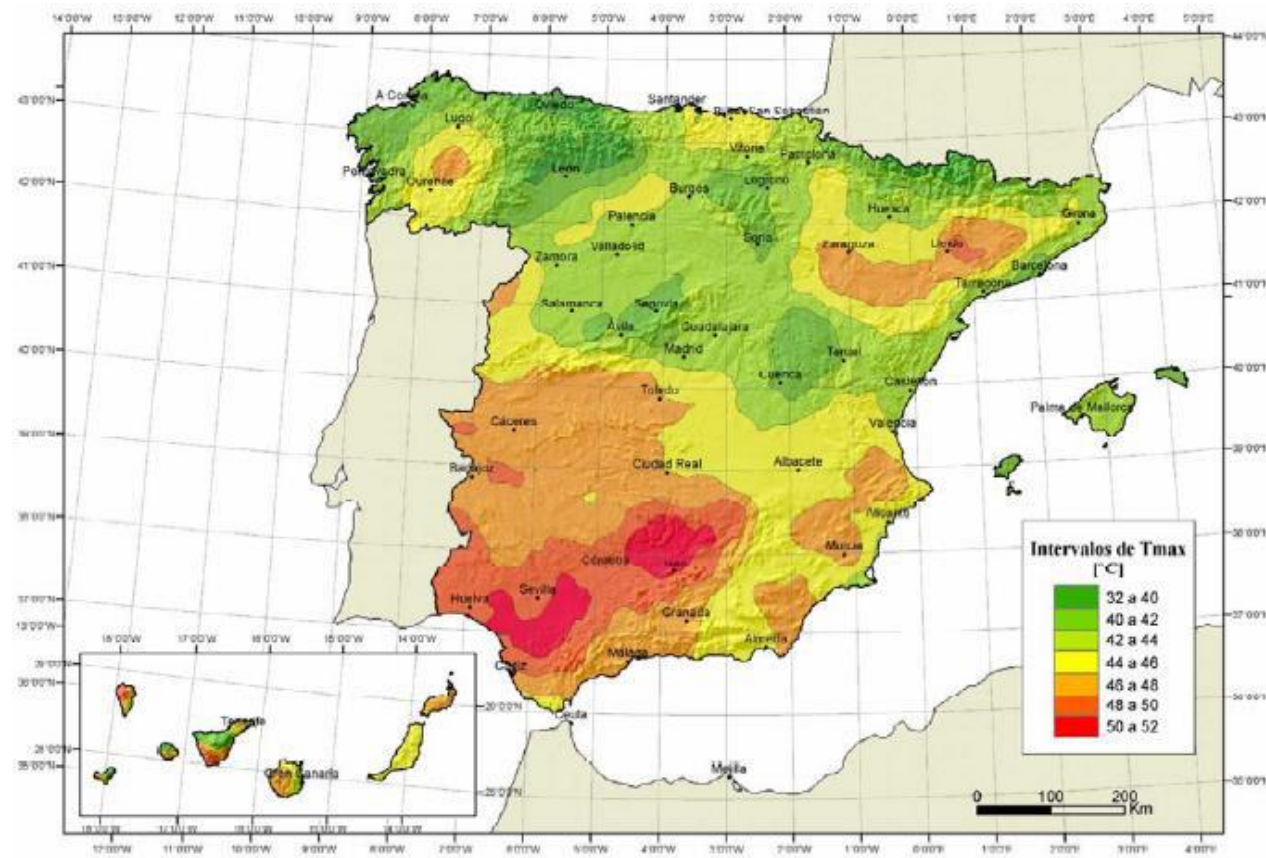
A efectos de aplicación de la instrucción IAP-11, el tablero metálico de sección cajón con losa de hormigón utilizado en la pasarela peatonal objeto del proyecto se encuentra dentro de los tableros de tipo 2, tableros mixtos.

Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura.

1. Temperatura máxima y mínima del aire

Para calcular los efectos de la componente uniforme de temperatura se partirá del valor de la temperatura del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente.

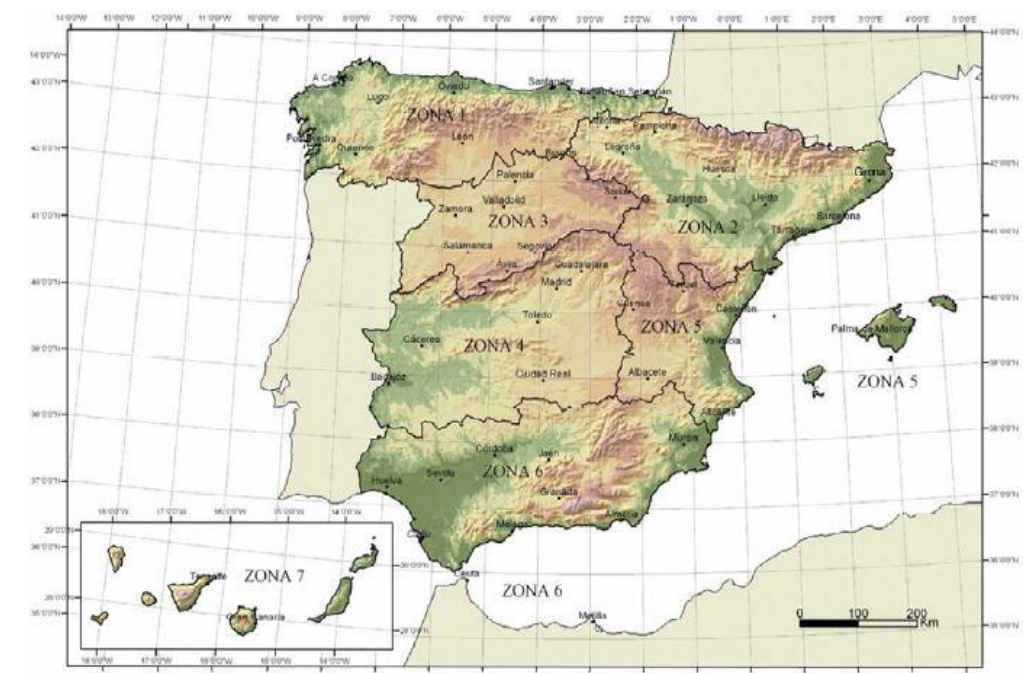
El valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra T_{max} depende del clima del lugar y de la altitud y, para un periodo de retorno de 50 años (lo que equivale a una probabilidad anual de ser excedido de 0,02), será el que se indica en el mapa de isotermas de la figura adjunta. Foz y Barreiros, nuestra zona de estudio, se encuentra en el intervalo comprendido entre 40 y 42 °C, seleccionando el valor de 40 °C.



Como valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra T_{min} se tomará, para un periodo de retorno de 50 años, el que se deduce de la tabla adjunta en función de la altitud del emplazamiento y de la zona climática invernal.

Nuestra área de actuación se encuadra dentro de la zona 1 del mapa de zonas climáticas de invierno, además la zona se sitúa al nivel del mar, es decir a una altura de 0 m, por tanto obtenemos que la temperatura mínima es de -7°C.

Altitud [m]	Zona de clima invernal (según figura 4.3-b)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10



Sin embargo, para periodos de retorno diferentes de 50 años, se deben ajustar los valores de $T_{max,p}$ y $T_{min,p}$ según las expresiones siguientes:

$$T_{max,p} = T_{max} \{k_1 - k_2 \ln [-\ln (1 - p)]\}$$

$$T_{min,p} = T_{min} \{k_3 + k_4 \ln [-\ln (1 - p)]\}$$

Siendo p el inverso del periodo de retorno y considerando para los coeficientes los valores: $k_1=0,781$; $k_2= 0,056$; $k_3= 0,393$ y $k_4= - 0,156$.

El caso que nos ocupa se trata de una situación persistente, para la que se considerará un periodo de retorno de 100 años ($p= 0.01$).

Los valores de la temperatura máxima y mínima del aire son:

$$T_{max; 0,01} = 41,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{min; 0,01} = -7,78 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2. Componente uniforme de temperatura

La componente uniforme de la temperatura del tablero, también denominada temperatura efectiva (temperatura media de la sección transversal), tendrá un valor mínimo $T_{e,min}$ y un valor máximo $T_{e,max}$ que se determinarán a partir de la temperatura del aire, mediante las expresiones siguientes:

$$T_{e,min} = T_{min} + \Delta T_{e,min}$$

$$T_{e,max} = T_{max} + \Delta T_{e,max}$$

Al tablero de tipo 2, sección mixta, le corresponden los valores:

$$\Delta T_{e,min} = +4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{e,max} = +4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Mientras que a la torre, tipo 1, de acero le corresponden los valores:

$$\Delta T_{e,min} = -3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{e,max} = +16 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Añadiendo estos valores a los ya calculados, obtenemos las siguientes componentes uniformes de temperatura:

– Tablero

$$T_{e,min} = -7,78 + 4 = - 3,78 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,max} = 41,54 + 4 = 45,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

– Torre

$$– T_{e,min} = -7,78 - 3 = - 10,78 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$– T_{e,max} = 41,54 + 16 = 57,54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Para la determinación de los efectos debidos a la componente uniforme de temperatura, se emplearán los valores del coeficiente de dilatación térmica lineal, a menos que, mediante ensayos o estudios más detallados, se justifiquen otros valores.

Material	$\alpha \text{ (x10}^{-6}\text{) }^{\circ}\text{C}^{-1}$
Acero estructural	12
Hormigón	10

3. Rango de la componente uniforme de temperatura

La variación de la componente uniforme de temperatura ocasionará, en una estructura sin coacción al movimiento, un cambio en la longitud del elemento. Teniendo en cuenta lo indicado en el apartado anterior, el rango de variación de la componente uniforme de temperatura en el tablero será:

$$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min}$$

$$– \text{ Torre: } \Delta T_N = 57,54 - (-10,78) = 68,32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$– \text{ Tablero: } \Delta T_N = 45,54 - (-3,78) = 49,32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

A partir de los valores característicos máximo y mínimo de la componente uniforme de temperatura y a partir de la temperatura inicial T_0 (temperatura media del tablero en el momento en que se coacciona su movimiento), se obtendrán los rangos de variación térmica que permitan determinar la contracción y la dilatación máximas del tablero, según lo indicado en los párrafos siguientes.

En caso de que no sea posible establecer la temperatura inicial T_0 del elemento en el momento de coaccionar su movimiento, ésta se tomará igual a la temperatura media de dicho elemento durante el periodo de construcción y, en ausencia de esta información, podrá tomarse un valor $T_0 = 15^{\circ}\text{C}$.

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura en contracción $T_{N,con}$ será:

- PÁGINA 87 DE 121

2.3.2. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES VARIABLES

Para cada una de las acciones variables, se considerarán los siguientes valores representativos, según la comprobación de que se trate:

- b) Valor de combinación Q_k : Será el valor de la acción cuando actúe con alguna otra acción variable, para tener en cuenta la pequeña probabilidad de que actúen simultáneamente los valores más desfavorables de varias acciones independientes. Este valor se utilizará en las comprobaciones de estados límites últimos en situación persistente o transitoria y de estados límite de servicio irreversibles.
- c) Valor frecuente $\psi_1 Q_k$: Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil del puente. Corresponde a un periodo de retorno de una semana. Este valor se utilizará en las comprobaciones de estados límites últimos en situación accidental y de estados límite de servicio reversibles.
- d) Valor casi-permanente $\psi_2 Q_k$: Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente. Este valor se utilizará también en las comprobaciones de estados límite últimos en situación accidental y de estados límite de servicio reversibles, además de en la evaluación de los efectos diferidos.

Se adoptarán los valores de los factores de simultaneidad ψ recogidos en la tabla siguiente:

ACCIÓN		ψ_0	ψ_1	ψ_2	
Sobrecarga de uso	gr 1, Cargas verticales	Vehículos pesados	0,75	0,75	0
		Sobrecarga uniforme	0,4	0,4	0 / 0,2 ⁽¹⁾
		Carga en aceras	0,4	0,4	0
	gr 2, Fuerzas horizontales	0	0	0	
	gr 3, Peatones	0	0	0	
	gr 4, Aglomeraciones	0	0	0	
	Sobrecarga de uso en pasarelas	0,4	0,4	0	
Viento	F_{wk}	En situación persistente	0,6	0,2	0
		En construcción	0,8	0	0
		En pasarelas	0,3	0,2	0
Acción térmica	T_k	0,6	0,6	0,5	
Nieve	$Q_{Snt,k}$	En construcción	0,8	0	0
Acción del agua	W_k	Empuje hidrostático	1,0	1,0	1,0
		Empuje hidrodinámico	1,0	1,0	1,0
Sobrecargas de construcción	Q_c	1,0	0	1,0	

(1) El factor de simultaneidad ψ_0 correspondiente a la sobrecarga uniforme se tomará igual a 0, salvo en el caso de la combinación de acciones en situación sísmica (apartado 6.3.1.3), para la cual se tomará igual a 0,2.

2.4. VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

El valor de cálculo de una acción se obtiene multiplicando su valor representativo por el correspondiente coeficiente parcial γ_F . Estos coeficientes tendrán valores diferentes según la situación de proyecto de que se trate (bien persistente o transitoria, bien accidental o sísmica) y según el estado límite objeto de comprobación, por lo que se irán mostrando sus valores dentro del apartado correspondiente.

2.4.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMO

- Comprobaciones de equilibrio (EQU)

Se adoptarán los valores de los coeficientes parciales γ_F indicados en la tabla siguiente, extraída de la IAP-11.

ACCIÓN		EFECTO	
		ESTABILIZADOR	DESESTABILIZADOR
Permanente (G y G*)	Peso propio	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Carga muerta	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Empuje del terreno	1,0	1,5
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,35
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,5
	Acciones climáticas ⁽²⁾	0	1,5
	Empuje hidrostático	0	1,5
	Empuje hidrodinámico	0	1,5
	Sobrecargas de construcción	0	1,35

(1) Los valores de 0,9 y 1,1 podrán sustituirse por 0,95 y 1,05 respectivamente, si se prevé la colocación de sistemas de control que permitan conocer, durante la ejecución de la obra, el valor de las fuerzas de desequilibrio y si se pueden adoptar las medidas correctoras necesarias para mantener este valor dentro de los límites que garanticen la seguridad de todos los elementos de la estructura afectados por esta acción. Los equipos y sistemas de control deberán ser definidos y valorados en los diferentes documentos del proyecto, de forma que sea preceptiva su instalación en la obra, incluyéndose una descripción detallada de las medidas correctoras que deberán adoptarse caso de ser necesarias.

(2) Por acciones climáticas se entiende la acción térmica, el viento y la nieve.

- Comprobaciones resistentes (STR)

Se adoptarán los valores de los coeficientes parciales γ_F indicados en la siguiente tabla:

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,35
	Carga muerta	1,0	1,35
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P_1	1,0	1,0 / 1,2 ⁽¹⁾ / 1,3 ⁽²⁾
	Pretensado P_2	1,0	1,35
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,35
	Empuje del terreno	1,0	1,5
	Asientos	0	1,2 / 1,35 ⁽³⁾
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,35
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,35
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,5
	Acciones climáticas	0	1,5
	Empuje hidrostático	0	1,5
	Empuje hidrodinámico	0	1,5
	Sobrecargas de construcción	0	1,35

- (1) El coeficiente $\gamma_{G^*} = 1,2$ será de aplicación al pretensado P_1 en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a tasar.
- (2) El coeficiente $\gamma_{G^*} = 1,3$ se aplicará al pretensado P_1 en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.
- (3) El coeficiente $\gamma_{G^*} = 1,35$ corresponde a una evaluación de los efectos de los asientos mediante un cálculo elasto-plástico, mientras que el valor $\gamma_{G^*} = 1,2$ corresponde a un cálculo elástico de esfuerzos.

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,0
	Carga muerta	1,0	1,0
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P_1	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Pretensado P_2	1,0	1,0
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,0
	Empuje del terreno	1,0	1,0
	Asientos	0	1,0
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,0
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,0
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,0
	Acciones climáticas	0	1,0
	Empuje hidrostático	0	1,0
	Empuje hidrodinámico	0	1,0
	Sobrecargas de construcción	0	1,0

- (1) Para la acción del pretensado se tomarán los coeficientes que indique la EHE-08 o normativa que la sustituya. En la tabla figuran los valores que la EHE-08 recoge para el caso de estructuras postesas. En el caso de estructuras pretesas, los coeficientes parciales son 0,95 y 1,05 para efecto favorable y desfavorable, respectivamente.

2.4.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Para las comprobaciones en estado límite de servicio, se adoptarán los valores de los coeficientes parciales γ_F indicados en la tabla que se muestra a continuación:

2.5. COMBINACIÓN DE ACCIONES

2.5.1. COMBINACION DE ACCIONES PARA E.L.U.

- Situación persistente o transitoria

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

donde:

- $G_{k,j}$ valor característico de cada acción permanente
- $G_{k,m}^*$ valor característico de cada acción permanente de valor no constante
- $Q_{k,1}$ valor característico de la acción variable dominante
- $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante
- γ_G, γ_Q coeficientes parciales

Deberán realizarse tantas hipótesis o combinaciones como sea necesario, considerando, en cada una de ellas, una de las acciones variables como dominante y el resto como concomitantes.

Al combinar las diferentes acciones variables, se tendrán en cuenta las prescripciones siguientes:

- La sobrecarga de uso estará representada, para su combinación con el resto de las acciones, mediante los grupos de cargas definidos en la tabla 4.1-c de la IAP-11, que son excluyentes entre sí.
- Cuando se considere el viento transversal sobre el tablero, se considerará la actuación simultánea de la componente vertical del viento y el momento de vuelco correspondiente, definidos en el apartado 4.2.2.e
- Cuando se considere el viento longitudinal sobre el tablero, no se considerará la actuación simultánea del viento transversal, ni el empuje vertical, ni el momento de vuelco correspondiente.
- Cuando se considere la acción del viento como predominante, no se tendrá en cuenta la actuación de la sobrecarga de uso.
- Cuando se considere la sobrecarga de uso como predominante, se considerará el viento concomitante correspondiente, con las indicaciones que figuran en el apartado 4.2.3 de la IAP- 11.
- Cuando se considere el grupo de cargas de tráfico gr 2 (fuerzas horizontales con su valor característico), no se considerará la actuación del viento ni de la nieve.
- No se considerará la acción simultánea del viento y de la acción térmica.

- En general, no se considerará la acción simultánea de la carga de nieve y la sobrecarga de uso salvo en zonas de alta montaña, en cuyo caso se estudiará para el proyecto concreto la distribución espacial y la concomitancia de ambas acciones.

2.5.2. COMBINACION DE ACCIONES PARA E.L.S.

- Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación, que coincide formalmente con la combinación fundamental de ELU, se utiliza en general para la verificación de ELS irreversibles.

- Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación se utiliza en general para la verificación de ELS reversibles.

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación se utiliza también para la verificación de algunos ELS reversibles y para la evaluación de los efectos diferidos.

2.6. ESTADOS DE CARGA

Los estados de carga que se van a considerar son (los valores de la tabla son los coeficientes de mayoración o minoración por los que multiplicar cada carga):

- Pasarela móvil:

Combinaciones en ELU Situación Persistente o Transitoria							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELU_P_1	1,35	1,35	0,54	0,45			Toda la longitud del tablero
ELU_P_2	1,35	1,35	0,54		0,9		Toda la longitud del tablero
ELU_P_3	1,35	1,35	0,54			0,9	Toda la longitud del tablero

ELU_P_4	1,35	0,54	1,35	0,45			
ELU_P_5	1,35	0,54	1,35		0,9		
ELU_P_6	1,35	0,54	1,35			0,9	
ELU_P_7	1,35			1,5			
ELU_P_8	1,35	0,54	0,54		1,5		
ELU_P_9	1,35	0,54	0,54			1,5	
ELU_P_10	1,35	1,35	0,54	0,45			Sobrecarga en vano largo
ELU_P_11	1,35	1,35	0,54		0,9		Sobrecarga en vano largo
ELU_P_12	1,35	1,35	0,54			0,9	Sobrecarga en vano largo

Combinaciones en ELS Cuasi-Permanente							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELS_CP_1	1	0	0	0			
ELS_CP_2	1	0	0		0,5		
ELS_CP_3	1	0	0			0,5	

Carga Dominante Carga no tenida en cuenta en ese caso

- Pasarela fija

Combinaciones en ELS Característica							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELS_C_1	1	1	0,4	0,3			Toda la longitud del tablero
ELS_C_2	1	1	0,4		0,6		Toda la longitud del tablero
ELS_C_3	1	1	0,4			0,6	Toda la longitud del tablero
ELS_C_4	1	0,4	1	0,3			
ELS_C_5	1	0,4	1		0,6		
ELS_C_6	1	0,4	1			0,6	
ELS_C_7	1			1			
ELS_C_8	1	0,4	0,4		1		
ELS_C_9	1	0,4	0,4			1	
ELS_C_10	1	1	0,4	0,3			Sobrecarga en vano largo
ELS_C_11	1	1	0,4		0,6		Sobrecarga en vano largo
ELS_C_12	1	1	0,4			0,6	Sobrecarga en vano largo

Combinacioness en ELU Situación Persistente o Transitoria							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELU_P_1	1,35	1,35	0,54	0,45			Toda la longitud del tablero
ELU_P_2	1,35	1,35	0,54		0,9		Toda la longitud del tablero
ELU_P_3	1,35	1,35	0,54			0,9	Toda la longitud del tablero
ELU_P_4	1,35	0,54	1,35	0,45			
ELU_P_5	1,35	0,54	1,35		0,9		
ELU_P_6	1,35	0,54	1,35			0,9	
ELU_P_7	1,35			1,5			
ELU_P_8	1,35	0,54	0,54		1,5		
ELU_P_9	1,35	0,54	0,54			1,5	
ELU_P_10	1,35	1,35	0,54	0,45			Sobrecarga entre pilas 11 y 12
ELU_P_11	1,35	1,35	0,54		0,9		Sobrecarga entre pilas 11 y 12
ELU_P_12	1,35	1,35	0,54			0,9	Sobrecarga entre pilas 11 y 12

Combinaciones en ELS Frecuente							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELS_F_1	1	0,4	0	0			Toda la longitud del tablero
ELS_F_2	1	0,4	0		0,5		Toda la longitud del tablero
ELS_F_3	1	0,4	0			0,5	Toda la longitud del tablero
ELS_F_4	1	0	0,4	0			
ELS_F_5	1	0	0,4		0,5		
ELS_F_6	1	0	0,4			0,5	
ELS_F_7	1			0,2			
ELS_F_8	1	0	0		0,6		
ELS_F_9	1	0	0			0,6	
ELS_F_10	1	0,4	0	0			Sobrecarga en vano largo
ELS_F_11	1	0,4	0		0,5		Sobrecarga en vano largo
ELS_F_12	1	0,4	0			0,5	Sobrecarga en vano largo

Combinaciones en ELS Característica							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELS_C_1	1	1	0,4	0,3			Toda la longitud del tablero
ELS_C_2	1	1	0,4		0,6		Toda la longitud del tablero
ELS_C_3	1	1	0,4			0,6	Toda la longitud del tablero
ELS_C_4	1	0,4	1	0,3			
ELS_C_5	1	0,4	1		0,6		
ELS_C_6	1	0,4	1			0,6	
ELS_C_7	1			1			
ELS_C_8	1	0,4	0,4		1		
ELS_C_9	1	0,4	0,4			1	
ELS_C_10	1	1	0,4	0,3			Sobrecarga entre pilas 11 y 12
ELS_C_11	1	1	0,4		0,6		Sobrecarga entre pilas 11 y 12
ELS_C_12	1	1	0,4			0,6	Sobrecarga entre pilas 11 y 12

Combinaciones en ELS Frecuente							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELS_F_1	1	0,4	0	0			Toda la longitud del tablero
ELS_F_2	1	0,4	0		0,5		Toda la longitud del tablero
ELS_F_3	1	0,4	0			0,5	Toda la longitud del tablero
ELS_F_4	1	0	0,4	0			
ELS_F_5	1	0	0,4		0,5		
ELS_F_6	1	0	0,4			0,5	
ELS_F_7	1			0,2			
ELS_F_8	1	0	0		0,6		
ELS_F_9	1	0	0			0,6	
ELS_F_10	1	0,4	0	0			Sobrecarga entre pilas 11 y 12
ELS_F_11	1	0,4	0		0,5		Sobrecarga entre pilas 11 y 12
ELS_F_12	1	0,4	0			0,5	Sobrecarga entre pilas 11 y 12

Combinaciones en ELS Cuasi-Permanente							
Definición	P.P.	SCU (z)	SCU (x)	Viento	T. Dil	T. Cont	Ubicación sobrecarga
ELS_CP_1	1	0	0	0			
ELS_CP_2	1	0	0		0,5		
ELS_CP_3	1	0	0			0,5	

Carga Dominante Carga no tomada en cuenta en ese caso

3. MODELOS DE CÁLCULO

3.1. INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de la pasarela peatonal se han realizado diferentes modelos de elementos barra con el programa SAP2000 v17. Han sido necesarios varios modelos para ir definiendo los principales elementos de la estructura. Los modelos empleados son:

3.1.1. MODELO 1: PREDIMENSIONAMIENTO DE TIRANTES

Se fundamenta en el modelo de apoyos fijos de J.Manterola descrito en el libro Puentes II, el cual consiste en la realización de un modelo en viga continua suponiendo apoyos en los puntos de anclaje de Tirantes. De este modo, y suponiendo una combinación de cargas formada por PP+CM, se pueden determinar las reacciones verticales en los apoyos. Una vez obtenidas, y mediante relaciones básicas,

se pueden obtener las resultantes sobre Tirantes no pertenecientes a la Retenida, en función de su peso y de la inclinación de los mismos. Finalmente se determinarán las resultantes horizontales que comprimen el Tablero y se obtendrán las Cargas en Tirantes de la Retenida. El procedimiento seguido ha sido el siguiente:

4. Realizar un modelo de viga continua suponiendo apoyos fijos en los puntos de conexión de los tirantes al tablero.
5. Obtener las reacciones en los apoyos. R_i
6. Obtener las Cargas a introducir en cada tirante, con excepción de la Retenida, mediante la expresión:

$$T_i = \frac{R_i + \frac{P_i}{2}}{\sin(\alpha_i)}$$

- Obtener las Cargas Horizontales que comprimen el tablero y flexionan la torre, con excepción de la Retenida, mediante la expresión.

$$H_i = \frac{R_i + \frac{P_i}{2}}{\tan(\alpha_i)}$$

- Obtener la Carga Horizontal que ha de generar la Retenida para equilibrar las H_i no compensadas y evitar así las flexiones del pilono. En este caso será:

$$H_{retenida} = H_{T1} + H_{T2} + H_{T3} + H_{T4} + H_{T5} + H_{T6} + H_{T7} + H_{T8}$$

- Obtener las Cargas Horizontales que se llevarán los Tirantes de la Retenida. Para ello vamos a imponer las mismas proporciones para los Tirantes 9, 10, 11 y 12 debido a que se trata únicamente de un predimensionamiento.

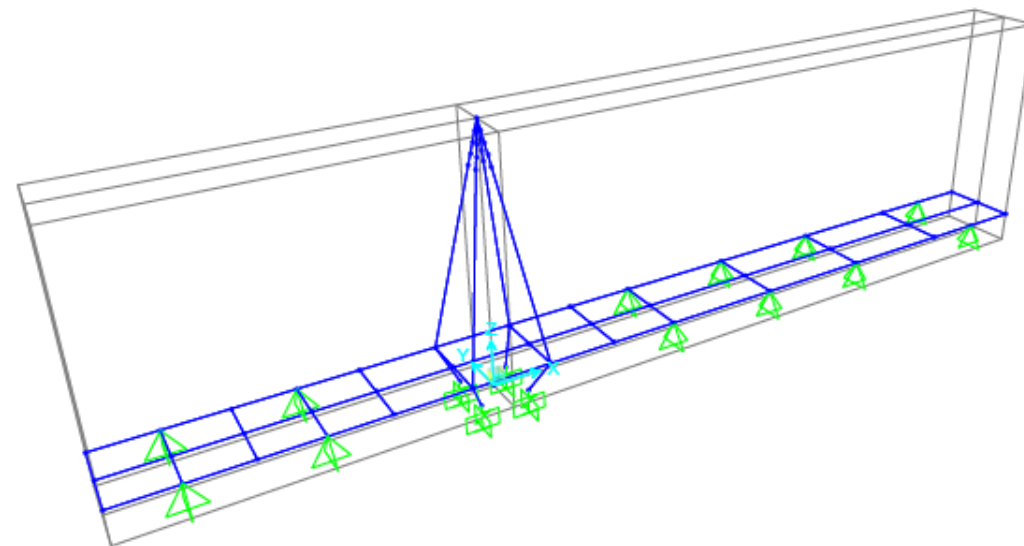
$$H_{ti} = \frac{H_i}{4}$$

- Obtener las Cargas a introducir en cada tirante de la Retenida mediante la expresión:

$$T_i = \frac{H_i}{\cos(\alpha_i)}$$

Una vez obtenidas las cargas de tesado se introducen en el Modelo 2, y se modifican ligeramente para obtener la geometría deseada; se obtienen por tanto los siguientes valores:

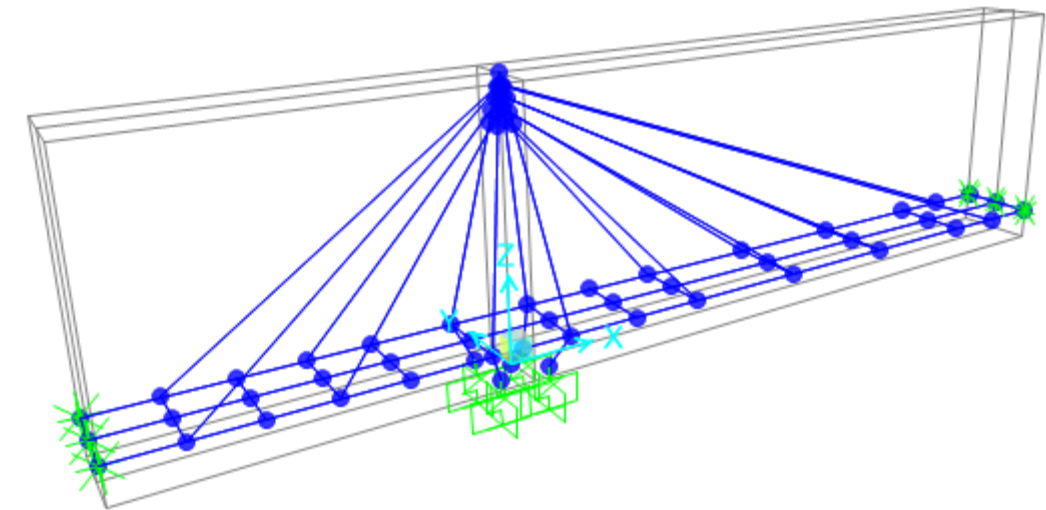
Cable Nº	N (kN)
1	89,169
2	88,796
3	179,062
4	214,347
5	214,347
6	179,062
7	88,796
8	89,169
9	277,716
10	274,882
11	274,882
12	277,716



Modelo 1

3.1.2. MODELO 2: TRAMO MÓVIL

Para el cálculo del tramo móvil de la pasarela se realiza un modelo de barras representado a continuación. Para tener en cuenta los dos posibles estados de la pasarela (Abierta o cerrada) se modificará la condición de contorno de los extremos, colocando o eliminando los apoyos en función del caso que queramos calcular.



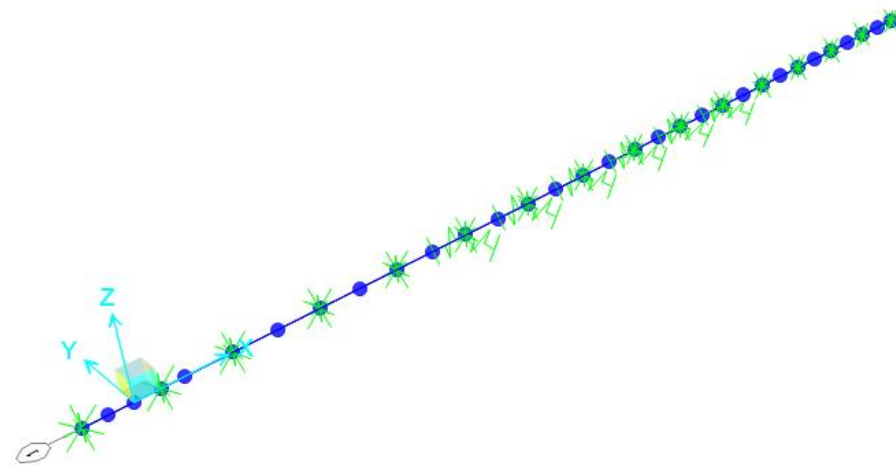
Modelo 2

En el modelo de barras se han recogido todos los elementos que forman la estructura, la losa de hormigón se modeliza como una barra apoyada en las vigas transversales con su sección y sus propiedades.

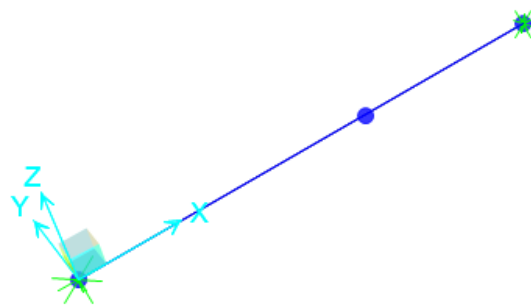
Los tirantes se modelizan como barras biarticuladas, con el área que nos indica el fabricante y el material del que están formados; pero sin peso propio. El peso propio se modeliza como dos cargas puntuales en los extremos. Las cargas de tesado de los cables se modelizan como decrementos térmicos.

3.1.3. MODELO 3: TRAMO FIJO

Para el cálculo del tramo fijo; dado que la sección transversal es un cajón metálico con una losa superior de hormigón; se modeliza como una única barra. Como hay 2 tramos fijos; uno al Este de la pasarela móvil y otro al Oeste, se han hecho dos modelos. Ambos presentan la misma sección transversal y los mismos casos de carga, la única diferencia es la longitud y que el tramo más largo presenta apoyos intermedios.

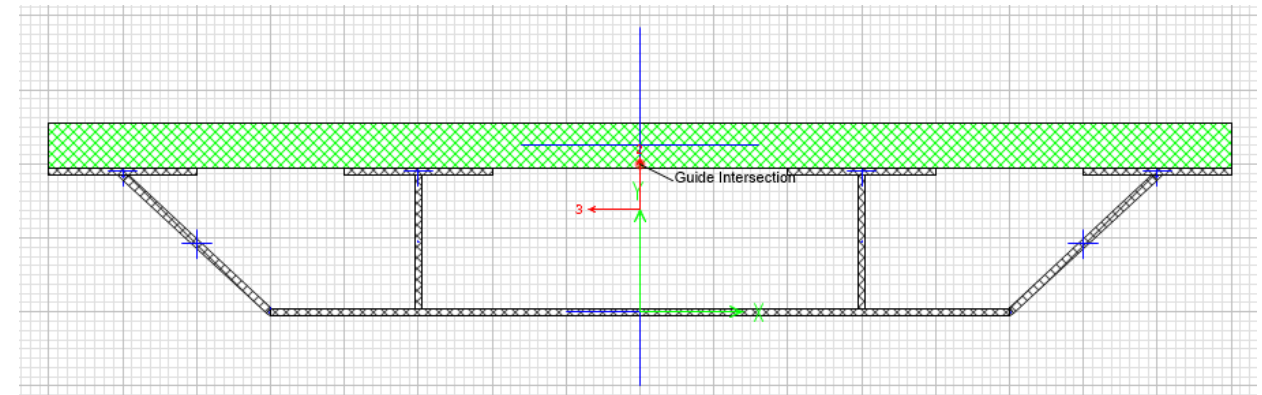


Modelo 3 correspondiente al tramo de mayor longitud



Modelo 3 correspondiente al tramo de menor longitud

La sección transversal del modelo se ha diseñado con el módulo "Section Designer" de SAP2000.



Sección transversal del tablero

Para determinar cuántos apoyos fijos serían necesarios se ha realizado el siguiente procedimiento:

- 1) Mediante un modelo en SAP2000 de un fuste, se obtiene la constante de rigidez "k" del fuste.
- 2) Como hay dos fustes por pila, se obtienen las siguientes rigideces:

K en eje x (dirección paralela al eje del tablero)	7677,54 kN/m
K en eje y (dirección perpendicular al eje del tablero)	1919,39 kN/m

- 3) En el modelo 3 se disponen muelles en los apoyos con las rigideces calculadas anteriormente y mediante un proceso iterativo se obtiene el número de pilas con apoyo fijo, que corresponden con el número de pilas en el que se disponen los citados muelles.

4. COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES

- Secciones de acero

Se deberá verificar que la flecha vertical máxima correspondiente al valor frecuente de la sobrecarga de uso no supera el valor de $L/1200$ por tratarse de una pasarela, siendo L la luz del vano.

Tramo	Vano	Caso de carga	Luz (mm)	Deformación máxima admisible (mm)	Deformación real (mm)	
Fijo	Largo	ELS_F_1	17500	14,58	7,51	Cumple
Fijo	Corto	ELS_F_1	12665	10,55	2,04	Cumple
Móvil	Largo	ELS_F_12	27827	23,19	19,17	Cumple
Móvil	Corto	ELS_F_12	13875	11,56	2,02	Cumple

Este estado queda comprobado ya que las deformaciones son menores que las admisibles para cada vano.

- Tirantes

Se establecen dos comprobaciones alternativas consistentes en evaluar dos valores de tensión: la tensión media y la tensión máxima. La tensión media, σ_{med} se obtiene como relación entre la fuerza soportada por el tirante y su sección nominal. La tensión máxima, $\sigma_{máx}$, se obtiene sumando al valor anterior el incremento de tensión producido por flexión (generalmente debida al viento pero también debida a la curvatura del cable al pasar sobre una silla o al entrar en el anclaje).

La comprobación de tensión máxima sólo es obligatoria para cables de gran longitud (más de 150 m de longitud a más de 1.5 s de período fundamental) o cuando sean previsibles efectos importantes por curvatura del cable. Esta comprobación prevalecerá sobre la comprobación de tensión media tanto si es más como menos favorable que la comprobación de la tensión media.

Para la combinación característica de cargas, los valores límite de las tensiones son los siguientes:

$$\sigma_{ELSmed} \leq 0.45 \cdot f_u$$

$$\sigma_{ELSmax} \leq 0.50 \cdot f_u$$

Por lo tanto, y puesto que la longitud de Tirantes no alcanza los 150 m, las comprobaciones a realizar sobre los Tirantes son:

- Que no estén sometidos a compresión
- $\sigma_{ELSmed} \leq 0.45 \cdot f_u$

Los resultados de la comprobación de los tirantes para E.L.S. se representan en la siguiente tabla:

Cable Nº	P máx. (kN)	P mín. (kN)	No Compresión	Área (m2)	Tensión Media (kN/m2)	f_u (kN/m2)	σ_{med}/f_u
1	132,736	59,692	OK	0,000808	119076,7327	1860000	0,06
2	152,617	52,482	OK	0,000808	126917,698	1860000	0,07
3	211,88	133,386	OK	0,000808	213654,703	1860000	0,11
4	174,202	137,485	OK	0,000808	192875,6188	1860000	0,10
5	174,202	137,485	OK	0,000808	192875,6188	1860000	0,10
6	211,88	133,386	OK	0,000808	213654,703	1860000	0,11
7	152,617	52,482	OK	0,000808	126917,698	1860000	0,07
8	132,736	59,692	OK	0,000808	119076,7327	1860000	0,06
9	212,546	268,86	OK	0,000808	297899,7525	1860000	0,16
10	213,906	278,972	OK	0,000808	304998,7624	1860000	0,16
11	213,906	278,972	OK	0,000808	304998,7624	1860000	0,16
12	212,546	268,86	OK	0,000808	297899,7525	1860000	0,16

5. COMPROBACIÓN EN LOS ELEMENTOS METÁLICOS (E.L.U.)

La comprobación del E.L.U. de los elementos metálicos se ha hecho empleando el programa de cálculo de estructuras SAP2000, usando su módulo de comprobación de diseño según el Eurocodigo 3, adaptado a la EAE empleando los coeficientes nacionales.

5.1. RESISTENCIA DE LAS SECCIONES METÁLICAS

Las comprobaciones realizadas se indican a continuación.

5.1.1. Esfuerzo axil de tracción

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{tEd} deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$N_{tEd} \leq N_{t,Rd}$$

Dónde:

N_{tEd} Valor de cálculo del esfuerzo axil

$N_{t,Rd}$ Resistencia de cálculo de la sección a tracción

5.1.2. Esfuerzo axil de compresión

El valor de cálculo del esfuerzo axil de compresión N_{Ed} deberá cumplir para cualquier sección transversal en clase 2:

$$N_{tEd} \leq N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dónde:

N_{tEd} Valor de cálculo del esfuerzo axil

$N_{c,Rd}$ Resistencia de cálculo de la sección a compresión

5.1.3. Momento flector

El valor de cálculo del momento flector M_{Ed} deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dónde:

M_{Ed} Valor de cálculo del momento flector

$M_{c,Rd}$ Resistencia de cálculo de la sección a flexión

W_{pl} Módulo resistente plástico

5.1.4. Esfuerzo cortante

El valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

Dónde:

V_{Ed} Valor de cálculo del esfuerzo cortante

$V_{c,Rd}$ Resistencia de cálculo de la sección a cortante

5.1.5. Torsión

Para elementos sometidos a torsión para los cuales las deformaciones de distorsión puedan ser despreciadas, el valor de cálculo del momento torsor T_{Ed} deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$T_{Ed} \leq T_{c,Rd}$$

Dónde:

T_{Ed} Valor de cálculo del esfuerzo momento torsor

$T_{c,Rd}$ Resistencia de cálculo de la sección a torsión

El esfuerzo torsor T_{Ed} de cualquier sección podrá dividirse en dos componentes:

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$$

Dónde:

$T_{t,Ed}$ Componente de esfuerzo torsor correspondiente a la torsión uniforme de Saint-Venant

$T_{w,Ed}$ Componente de esfuerzo torsor correspondiente a la torsión de alabeo

Los valores de cálculo de $T_{t,Ed}$ y $T_{w,Ed}$ pueden ser determinados a partir de T_{Ed} mediante un análisis elástico, teniendo en cuenta las características de la sección transversal, las condiciones de vinculación en los apoyos y la distribución de las acciones a lo largo del elemento.

Deberán considerarse los siguientes estados tensionales inducidos por la torsión:

- Tensiones tangenciales $\tau_{t,Ed}$ debidas al esfuerzo torsor $T_{t,Ed}$ de torsión uniforme.
- Tensiones normales longitudinales $\sigma_{w,Ed}$ debidas al bimomento B_{Ed} de torsión de alabeo y las tensiones tangenciales $\tau_{w,Ed}$ debidas al esfuerzo torsor $T_{w,Ed}$ de torsión de alabeo.

Para la comprobación frente al agotamiento de la resistencia de la sección, de acuerdo con los criterios elásticos, puede aplicarse el criterio establecido en el apartado 34.1.1 de la EAE.

Para determinar la resistencia de cálculo de una sección transversal sometida a flexión y torsión, sólo se tendrán en cuenta los efectos de la torsión producidos por el bimomento B_{Ed} que resultan de un análisis elástico. Para esto se realiza la comprobación definida en el apartado 34.6 de la EAE, relativa a la resistencia de cálculo de la sección a flexión $M_{c,Rd}$ y la tensión normal máxima de cálculo debida a la torsión de alabeo, $\sigma_{w,Ed}$.

Bajo la acción combinada de esfuerzo cortante y esfuerzo torsor, en dimensionamiento plástico, deberá aplicarse el siguiente criterio:

$$V_{Ed} \leq V_{pl,t,Rd}$$

Dónde:

V_{Ed} Valor de cálculo del esfuerzo cortante

$V_{pl,t,Rd}$ Resistencia de cálculo de la sección frente a esfuerzo cortante y momento torsor

5.1.6. Interacción de esfuerzos

De acuerdo con el apartado 34.7 de la EAE, en aquellos casos en que la sección se vea sometida al efecto combinado de solicitaciones de flexión y cortante, la comprobación frente a este efecto se llevará a cabo considerando su interacción, traduciéndose ello en una reducción de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

En aquellos casos en que la sección se vea sometida al efecto combinado de solicitaciones de flexión, cortante y esfuerzo axil, la comprobación frente a este efecto se llevará a cabo reduciendo la resistencia de cálculo de la sección a flexión y axil, según se expone en el Artículo 37.7.3 de la EAE.

5.1.7. Pandeo de elementos sometidos a compresión

Para elementos sometidos a compresión, el valor de cálculo del esfuerzo axil de compresión N_{Ed} deberá verificar:

$$N_{tEd} \leq N_{b,Rd}$$

Dónde:

N_{tEd} Valor de cálculo del esfuerzo axil

$N_{b,Rd}$ Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido

La resistencia de cálculo a pandeo de un elemento sometido a compresión en clase 2 se determinará del siguiente modo:

$$N_{b,Rd} = \frac{A \cdot f_y \cdot \chi}{\gamma_{M1}}$$

Dónde χ es el coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado. El cálculo de este coeficiente se hará siguiendo los Artículos 35.1.2, 35.1.3 y 35.1.4 de la EAE.

5.1.8. Pandeo lateral de elementos sometidos a flexión

Para elementos no arriostrados lateralmente sometidos a flexión alrededor del eje fuerte, el valor de cálculo del momento flector M_{Ed} deberá verificar:

$$M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$$

Dónde:

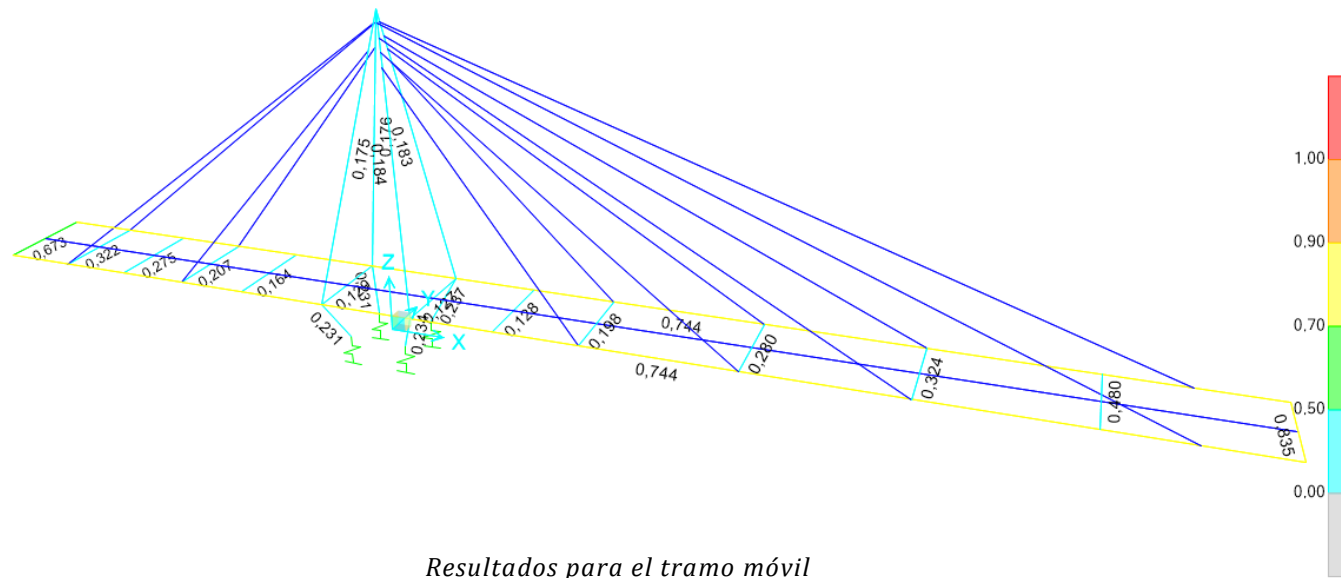
M_{Ed} Valor de cálculo del momento flector

$M_{b,Rd}$ Resistencia de cálculo a flexión frente a pandeo lateral

5.2. RESULTADOS

5.2.1. SECCIONES DE ACERO

A continuación se muestran los resultados arrojados por SAP2000 una vez ejecutado el módulo de comprobación de secciones de acero para los tramos fijo y móvil de la pasarela:



5.2.2. TIRANTES

La metodología de comprobación es semejante a la que se realiza para los estados límite de servicio y se fundamenta en calcular las fuerzas máximas en los cables para las combinaciones que corresponden al estado límite último. Dado que en general los esfuerzos en dicho estado límite no producen tensiones superiores al límite elástico, se calculan las tensiones medias, $\sigma_{ELU,med}$, y máxima, $\sigma_{ELU,máx}$, suponiendo que el comportamiento del material es elástico lineal (igual que para el estado límite de servicio). Los valores límite de estas tensiones se definen respecto a la tensión de rotura garantizada aplicando los siguientes coeficientes parciales de seguridad:

$$\sigma_{ELU,med} \leq \frac{f_u}{\gamma_{tir,med}} \quad \sigma_{ELU,máx} \leq \frac{f_u}{\gamma_{tir,máx}}$$

Los valores de los coeficientes parciales de minoración de la resistencia de los cables son los siguientes:

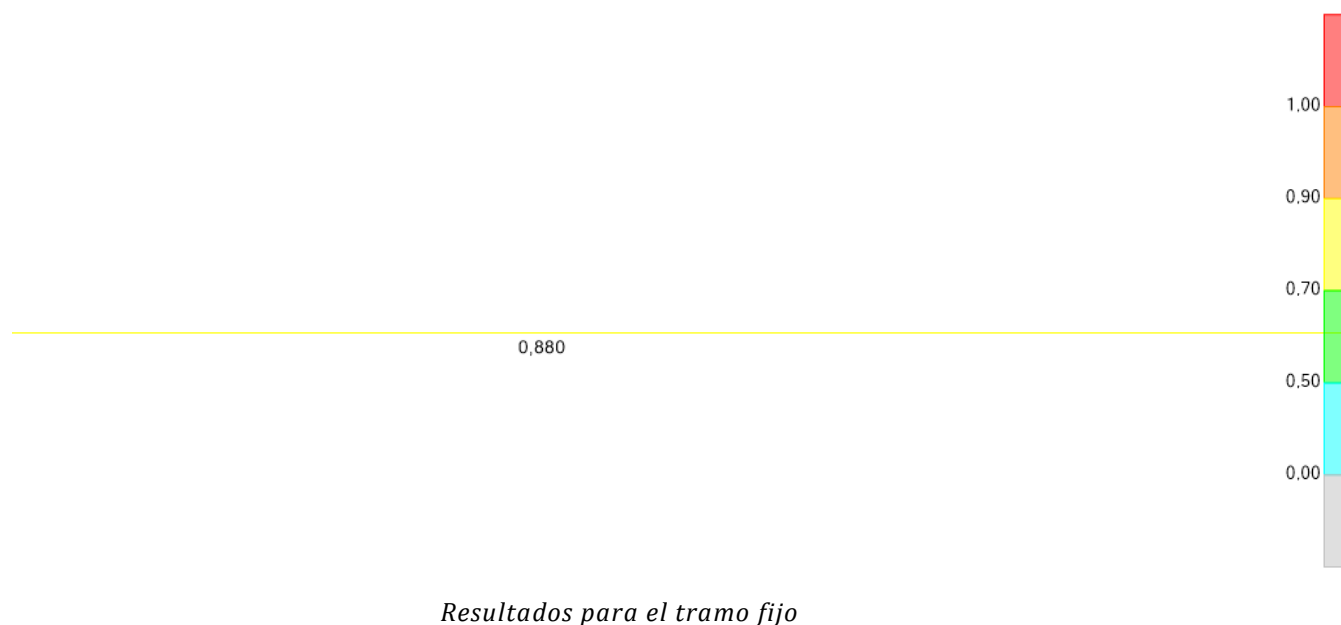
$$\gamma_{tir,med} = 1,5$$

$$\gamma_{tir,máx} = 1,45$$

Por tanto las comprobaciones a realizar sobre los tirantes en E.L.U. son:

- Que no estén sometidos a compresión
- $\sigma_{ELU,med} \leq \frac{f_u}{\gamma_{tir,med}}$

La comprobación se muestra en la tabla siguiente:





Cable Nº	P máx (kN)	P mín (kN)	No Compresión	Área (m2)	$\sigma_{ELU,med}$ (kN/m2)	fu (kN/m2)/1,5	Comprobación
1	178,199	79,581	OK	0,000808	159517,3267	1240000	OK
2	215,371	80,178	OK	0,000808	182889,2327	1240000	OK
3	262,407	156,435	OK	0,000808	259184,4059	1240000	OK
4	177,364	122,993	OK	0,000808	185864,4802	1240000	OK
5	177,364	122,993	OK	0,000808	185864,4802	1240000	OK
6	262,407	156,435	OK	0,000808	259184,4059	1240000	OK
7	215,371	80,178	OK	0,000808	182889,2327	1240000	OK
8	178,199	79,581	OK	0,000808	159517,3267	1240000	OK
9	319,124	238,755	OK	0,000808	345222,1535	1240000	OK
10	309,89	216,466	OK	0,000808	325715,3465	1240000	OK
11	309,89	216,466	OK	0,000808	325715,3465	1240000	OK
12	319,124	238,755	OK	0,000808	345222,1535	1240000	OK

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
116,732	-321,126	-78,626	-4,817	-272,760	-16,740	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.61)

$$D/C \text{ Ratio: } 0,880 = 0,725 + 0,154 + 0,002 < 0,950 \quad \text{OK}$$

$$= NEd / (\chi_{y, NRk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} (M_{y, Ed} + NEd e_{Ny}) / (\chi_{LT} M_{y, Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} (M_{z, Ed} + NEd e_{Nz}) / (\chi_{LT} M_{z, Rk} / \gamma_{M1}) \quad (\text{EC3 6.3.3(4)-6.61})$$

AXIAL FORCE DESIGN

AXIAL FORCE DESIGN							
		Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial		-321,126	90930,678	90930,678			
		Npl,Rd 90930,678	Nu,Rd 98758,400	Ncr,T 2729008,862	Ncr,TF 481,090	An/Ag 1,000	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0,490	481,090	14,088	103,133	0,005	442,919
MajorB(y-y)	c	0,490	481,090	14,088	103,133	0,005	442,919
Minor (z-z)	c	0,490	11217,088	2,917	5,422	0,100	9100,868
MinorB(z-z)	c	0,490	11217,088	2,917	5,422	0,100	9100,868
Torsional TF	c	0,490	481,090	14,088	103,133	0,005	442,919

MOMENT DESIGN

MOMENT DESIGN						
	Med Moment	Med, span Moment	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	-78,626	-1644,922	14030,792	14030,792	14030,792	14030,792
Minor (z-z)	-4,817	-98,103	58712,487	58712,487	58712,487	
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1
LTB	d	0,760	0,218	0,531	0,986	1,526
						309781,311
Factors	kyy	kzy	kzy	kzz		
	1,292	0,919	0,997	0,919		

SHEAR DESIGN

SHEAR DESIGN					
	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major (z)	272,760	15878,587	0,017	OK	0,000
Minor (y)	16,740	37124,235	0,000	OK	0,000
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	15878,587	1,200	0,000		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	351,425	464,204

5.2.3. RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES PARA EL TRAMO FIJO

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 118,335 Combo: ELU_P_8 Design Type: Beam
Length: 253,330 Y Mid: 0,000 Shape: CAJON FINAL 3 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 116,732 Z Mid: 0,000 Class: Class 3 Rolled : No

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,269 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,269 Iyy=0,015 iyy=0,235 Wel,yy=0,041 Weff,yy=0,041
It=0,046 Izz=0,347 izz=1,136 Wel,zz=0,174 Weff,zz=0,174
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,650 Wpl,yy=0,048 Av,z=0,190
E=210000000,0 fy=355000,000 fu=510000,000 Wpl,zz=0,229 Av,y=0,081

Iyz=0,000 Imax=0,347 imax=1,136 Wel,zz,maj=0,174
Rot= 90 deg Imin=0,015 imin=0,235 Wel,zz,min=0,041

5.2.4. RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES PARA EL TRAMO MÓVIL

En este caso se muestran las comprobaciones para las dos secciones más solicitadas:

- Viga longitudinal (IPE750)

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 29 X Mid: 7,311 Combo: ELU P_2 Design Type: Beam
Length: 45,372 Y Mid: -1,896 Shape: IPE750X137 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 19,351 Z Mid: 1,509 Class: Class 3 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
Aeff=0,018 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,018 Iyy=0,002 iyy=0,302 Wel,yy=0,004 Weff,yy=0,004
It=1,350E-06 Izz=5,166E-05 izz=0,054 Wel,zz=3,929E-04 Weff,zz=3,929E-04
Iw=6,996E-06 Iyz=0,000 h=0,753 Wpl,yy=0,005 Av,z=0,009
E=210000000,0 fy=355000,000 fu=510000,000 Wpl,zz=6,140E-04 Av,y=0,010

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location Ned Med,yy Med,zz Ved,z Ved,y Ted
19,351 -918,580 -180,635 -0,391 -72,762 -1,331 -0,068

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,744 = 0,374 + 0,338 + 0,032 < 0,950 OK
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT
My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	-918,580	5916,667	5916,667			
	Npl,Rd 5916,667	Nu,Rd 6426,000	Ncr,T 6234,401	Ncr,TF 6234,401	An/Ag 1,000	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a 0,210	12164,716	0,715	0,809	0,841	4974,522
MajorB(y-y)	a 0,210	12164,716	0,715	0,809	0,841	4974,522
Minor (z-z)	b 0,340	3537,125	1,325	1,569	0,415	2454,784
MinorB(z-z)	b 0,340	3537,125	1,325	1,569	0,415	2454,784
Torsional TF	b 0,340	6234,401	0,998	1,134	0,598	3538,991

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-180,635	-348,376	1435,895	1435,895	1435,895	998,169
Minor (z-z)	-0,391	-3,968	132,821	132,821	132,821	
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1
	b	0,340	0,847	0,969	0,695	1,458
Factors	kyy	kzy	kzy	kzz		
	0,441	1,059	0,969	1,059		

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	72,762	1506,210	0,048	OK	0,068
Minor (y)	1,331	1801,982	0,001	OK	0,068

Reduction	Vpl,Rd 1936,806	Eta 1,200	LambdabarW 0,889
-----------	--------------------	--------------	---------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	36,521	58,563

- Viga transversal (Tubo cuadrado 300 mm)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-1924,693	5781,429	5781,429

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 26 X Mid: 29,997 Combo: ELU_P_8 Design Type: Beam
Length: 3,791 Y Mid: 0,000 Shape: Transversales Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,896 Z Mid: 1,509 Class: Class 1 Rolled : No

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750

Aeff=0,017 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,017 Iyy=2,321E-04 iyy=0,117 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
It=3,472E-04 Izz=2,321E-04 izz=0,117 Wel,zz=0,002 Weff,zz=0,002
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=0,002 Av,z=0,009
E=210000000,0 fy=355000,000 fu=510000,000 Wpl,zz=0,002 Av,y=0,010

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,896	-1924,693	-3,091	325,255	-9,783	202,371	14,729

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,835 = 0,335 + 0,003 + 0,497 < 0,950 OK
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT
My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
6.62)

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-3,091	-3,091	618,461	618,461	540,608	618,461
Minor (z-z)	325,255	325,255	618,461	618,461	540,608	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0,760	0,078	0,457	1,000	1,724	105660,243

	kyy	kzy	kzz
Factors	1,085	0,567	0,651

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	9,783	1897,337	0,005	OK	14,729
Minor (y)	202,371	1756,794	0,115	OK	14,729

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	1897,337	1,200	0,256

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	20,377	20,377

6. SUBESTRUCTURA

6.1. INTRODUCCIÓN

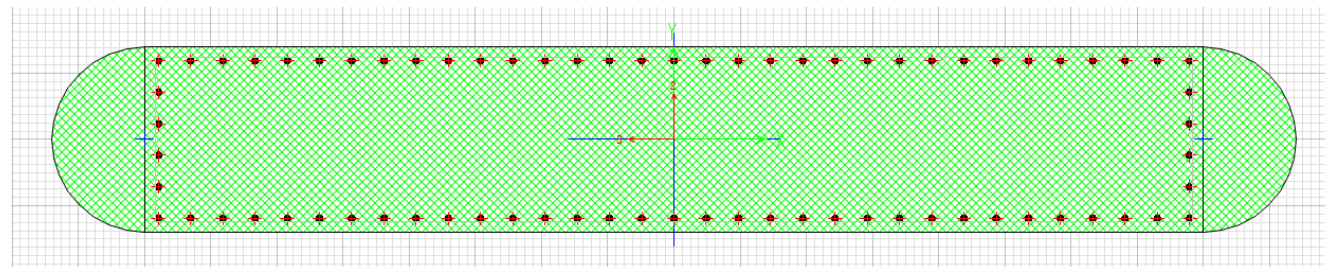
La subestructura de la pasarela está formada por las pilas y sus cimentaciones, todo ello de hormigón. La comprobación de los fustes y las pilas una vez obtenidos los esfuerzos se realiza utilizando el programa SAP2000 v17.

6.2. PILA 2, PILA 3 Y FUSTES

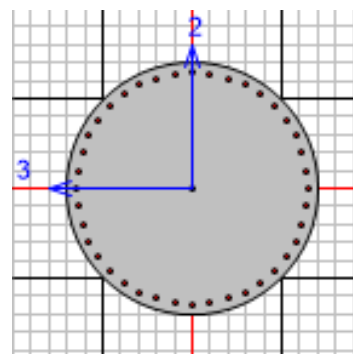
Para comprobar estos 3 elementos se ha creado un único modelo en SAP2000 con tres elementos barra a los que se les asigna la sección que les corresponda. Se ha elegido entre la pila 1 y 3 (que son iguales y simétricas) ésta última al ser la que tendrá que soportar las peores cargas. Del mismo modo se ha elegido el fuste que tendrá que soportar las cargas pésimas.

Dado que no se ha calculado la armadura (Este cálculo será objeto del proyecto constructivo), se ha realizado el modelo con una cuantía que en cualquier caso será igual o menor a la necesaria.

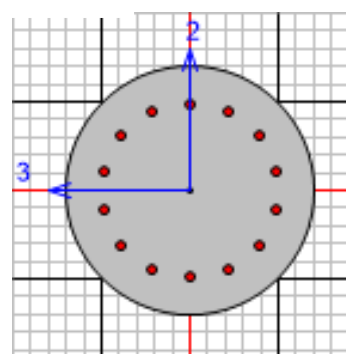
Las secciones de cada uno de los elementos son las siguientes:



Sección pila 3



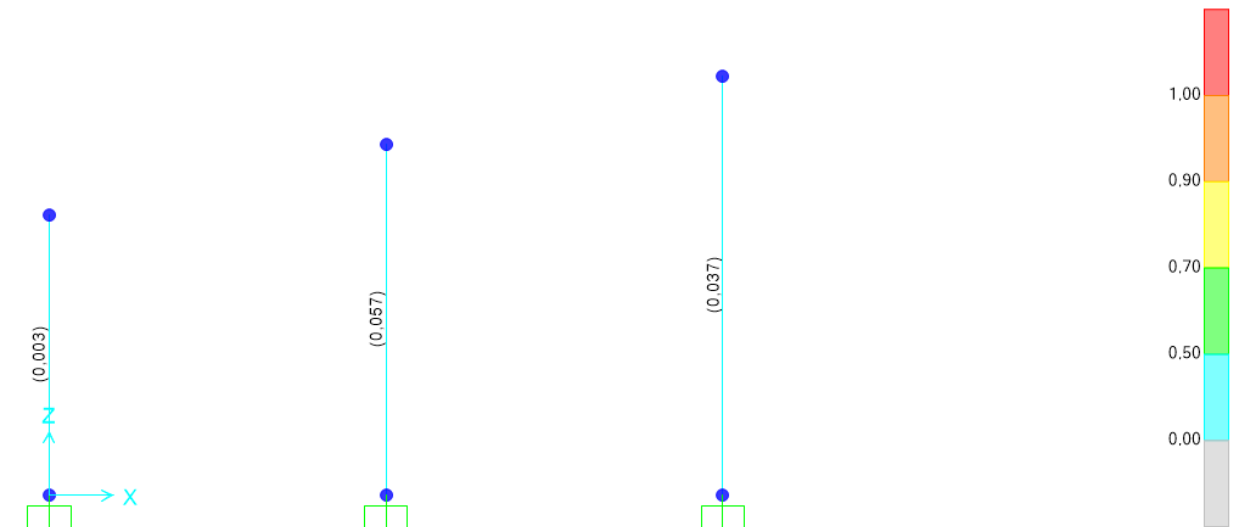
Sección pila 2



Sección fuste

Las dimensiones de cada uno de los elementos se pueden consultar en el Documento nº2: Planos.

Resultados:



6.3. CÁLCULO DE PILOTES

Para conocer de forma aproximada el número de pilotes que será necesario disponer en cada cimentación, se realiza un cálculo en función de la carga de hundimiento de un pilote. Dado que se trata de pilotes prefabricados hincados, se ha desestimado la contribución a la resistencia por fuste, quedándonos de esta forma del lado de la seguridad.

La carga admisible de un único pilote será:

$$Q_{admisible} = \frac{Q_{fuste}}{2} + \frac{Q_{punta}}{4}$$

Dónde:

Q_{fuste} Valor de resistencia por fuste (en este caso se considera = 0)

Q_{punta} Valor de resistencia por punta

La resistencia por punta se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{punta} = A_p \cdot q_p$$

Dónde:

A_p Área de un pilote

q_p Resistencia unitaria

La resistencia unitaria se calcula con la siguiente fórmula:

$$q_p = c \cdot N_c + q \cdot N_q$$

Dónde:

$N_c = 9$

$N_q = 10^{2,7 \cdot \tan(\phi)}$

c = cohesión del estrato donde se empotra el pilote

$q = \sum \gamma \cdot h$

- Los resultados tras los cálculos son los siguientes:

	Nd (kN)	Lado pilote (mm)	Q admisible (kN)	Eficiencia	Número de pilotes	Q grupo (kN)	
Estribo Oeste	376	350	143	0,86	6	737,88	OK
Pila 1	517	350	143	0,96	4	549,12	OK
Pila 2	2630	400	194	0,935	16	2902,24	OK
Pila 3	1223	350	143	0,935	10	1337,05	OK
Resto pilas	1332	400	194	0,935	10	1813,9	OK
Estribo Este	464	350	143	0,935	8	1069,64	OK

ANEJO 8: ITINERARIO PEATONAL

ÍNDICE

1. Introducción.....

106

2. Descripción de la solución adoptada.....

106

2.1. Trazado en planta

106

2.2. Trazado en alzado

107

2.3. Sección transversal.....

107

2.4. Firmes y Pavimentos.....

107

3. Movimiento de Tierras.....

107

3.1. Introducción.....

107

3.2. Trabajos Previos

107

3.3. Conclusiones

108

4. Disponibilidad de terrenos.....

108

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es definir adecuadamente el conjunto de obras a realizar que complementan la estructura principal para dar una salida peatonal a la misma por el lado Este. El trazado está proyectado para ser accesible por todas las personas, siguiendo la normativa al respecto recogida en el Anejo 2, que limita la pendiente al 6%.

El recorrido tiene una longitud total de 342 metros y una anchura de 4 metros, lo que lo hace cómodamente transitable a pie, bicicleta y para personas con movilidad reducida.

Los documentos empleados para la realización de este Anejo han sido los siguientes:

- Orden VIV/561/2010 de Accesibilidad en los espacios públicos urbanos
- Recomendaciones para explanadas, firmes y pavimentos en caminos naturales, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

2.1. TRAZADO EN PLANTA

Para el trazado en planta se han empleado dos tipos de alineaciones: rectas y curvas circulares; dado que no va a existir tráfico rodado, no se requieren curvas de transición para realizar el enlace entre las mismas. El objetivo es que el trazado se adapte de manera adecuada sobre la costa reduciendo al mínimo el impacto visual y ambiental sobre el entorno. La anchura de la senda litoral es de 4 metros y se emplea un trazado en terrizo continuo con calcín de vidrio.

A continuación se detalla el listado de alineaciones:

Nº	Tipo	Longitud	Radio	Dirección	P.K. Inicial	P.K. Final
1	Recta	0.794m		S60° 16' 41.90"E	0+000.00	0+000.79
2	Curva	20.201m	22.000m		0+000.79	0+020.99
3	Recta	1.288m		S07° 40' 02.04"E	0+020.99	0+022.28
4	Curva	14.118m	20.000m		0+022.28	0+036.40
5	Recta	20.006m		S48° 06' 46.27"E	0+036.40	0+056.41
6	Curva	25.671m	100.000m		0+056.41	0+082.08
7	Recta	8.752m		S62° 49' 17.47"E	0+082.08	0+090.83
8	Curva	25.911m	500.000m		0+090.83	0+116.74
9	Recta	17.014m		S59° 51' 08.53"E	0+116.74	0+133.75
10	Curva	21.830m	400.000m		0+133.75	0+155.58
11	Recta	2.372m		S56° 43' 31.57"E	0+155.58	0+157.96
12	Curva	3.894m	60.000m		0+157.96	0+161.85
13	Recta	16.354m		S60° 26' 39.66"E	0+161.85	0+178.20
14	Curva	80.312m	10000.000m		0+178.20	0+258.52
15	Recta	6.864m		S59° 59' 03.10"E	0+258.52	0+265.38
16	Curva	16.965m	20.000m		0+265.38	0+282.35
17	Recta	9.691m		N71° 24' 52.77"E	0+282.35	0+292.04
18	Curva	30.999m	20.000m		0+292.04	0+323.04
19	Recta	19.153m		S19° 46' 47.29"E	0+323.04	0+342.19

Nº	Ángulo Delta	Longitud de Cuerda	Coordenada "X" P.K. Inicial	Coordenada "Y" P.K. Inicial
1			641583.2479 m	4825410.8633 m
2	052.6111 (d)	19.499m	641583.9372 m	4825410.4697 m
3			641594.8332 m	4825394.2992 m
4	040.4456 (d)	13.827m	641595.0050 m	4825393.0229 m
5			641601.4729 m	4825380.8021 m
6	014.7087 (d)	25.601m	641616.3663 m	4825367.4451 m
7			641637.4564 m	4825352.9324 m
8	002.9692 (d)	25.908m	641645.2418 m	4825348.9350 m
9			641667.9748 m	4825336.5081 m
10	003.1269 (d)	21.827m	641682.6870 m	4825327.9634 m
11			641701.2558 m	4825316.4901 m
12	003.7189 (d)	3.894m	641703.2386 m	4825315.1889 m
13			641706.5616 m	4825313.1593 m
14	000.4602 (d)	80.312m	641720.7876 m	4825305.0924 m
15			641790.4894 m	4825265.1968 m
16	048.6011 (d)	16.461m	641796.4331 m	4825261.7630 m
17			641812.8122 m	4825260.1238 m
18	088.8055 (d)	27.988m	641821.9982 m	4825263.2126 m
19			641847.1926 m	4825251.0238 m

2.2. TRAZADO EN ALZADO

A la hora de diseñar el perfil longitudinal, se busca que las rampas no tengan más de un 6% de pendiente, para respetar la normativa de accesibilidad y primar la comodidad de la misma. Además en la zona de las dunas se busca que el perfil sea lo más parecido al terreno posible, para reducir al mínimo el impacto ambiental y visual sobre la zona.

La zona más problemática es la conexión de la senda con el itinerario peatonal ya existente, ya que existe una importante diferencia de cota en la última parte del tramo, del orden de 7-8 metros. Para salvarla, se realizan dos curvas en el trazado en forma de S a la par que una sección a media ladera para poder cumplir con la pendiente máxima del 6%.

A continuación se detallan los datos del trazado en alzado:

Nº	P.K. Vértice	Pendiente de Entrada	Pendiente de Salida	Tipo de Curva	Longitud de Curva	Valor de K	Radio de la Curva
1	0+000.00		-1.11%				
2	0+135.31	-1.11%	0.01%	Curva Circular	55.845m	49.997	5000.000m
3	0+239.57	0.01%	6.00%	Curva Circular	48.657m	8.118	813.271m
4	0+342.19	6.00%					

2.3. SECCIÓN TRANSVERSAL

El trazado contará con un ancho de 4 metros. Para facilitar la evacuación de las aguas pluviales se dotará a la sección de una pendiente transversal del 1% hacia el lado Sur. Esto, sumado a la propia pendiente longitudinal de la rasante, permite la evacuación del agua hacia el mar, sin necesidad de dotar a la senda de otras medidas para tal fin. Se pueden ver los detalles de la misma en la hoja nº2 del Plano nº16.

2.4. FIRMES Y PAVIMENTOS

Los firmes y pavimentos se eligen de manera que la imagen del paseo sea de alta calidad estética, así como para crear un paseo estructuralmente resistente. Además de proteger la explanada de la intemperie, y en particular de la acción del agua.

Se ha escogido un pavimento terrizo con calcín de vidrio, tipo Aripaq o similares, que está compuesto por calcín de vidrio, reactivos básicos y árido calibrado de distintos lugares de procedencia.

El ligante para el árido está formado por un conglomerante que es un cemento de vidrio creado a partir del micronizado de residuos finales de estos desechos.



Detalle del pavimento

Se trata de un pavimento altamente estético y resistente, impermeable, que conserva el aspecto natural del árido, con el que se logra una estabilización de suelos de manera respetuosa con el medio ambiente. No le afecta la salinidad y posee una durabilidad muy elevada. Además, su coste no resulta elevado, es impermeable, impide el desarrollo de malas hierbas y no necesita mantenimiento. La sección estará compuesta por un pavimento de 15 cm de acabado terrizo con calcín de vidrio, una lámina geotextil, y por último una base de 20 cm de zahorra.

Todo ello se recoge y define en la hoja nº3 del Plano Nº16 del Documento nº2: Planos

3. MOVIMIENTO DE TIERRAS

3.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se detalla el volumen del movimiento de tierras de la manera más aproximada posible para llevar a cabo la construcción del itinerario peatonal. La evaluación del mismo se ha llevado a cabo mediante el programa AutoCAD Civil 3D tomando secciones cada 5 metros.

3.2. TRABAJOS PREVIOS

La mayoría del trazado discurre a través de un terreno arenoso en el que ya se ha realizado una actuación previa: la construcción del dique para contener la barra de arena. A pesar de ello el lugar tiene un importante valor paisajístico, por lo que se tratará de trabajar de forma manual en la medida de lo posible. Todo el material que se extraiga y sea apropiado para la realización de terraplenes será acopiado de forma adecuada. El volumen de desmonte sobrante que no sea utilizado se llevará al vertedero. Las pendientes empleadas en desmonte serán de 1,5:1, y en terraplén de 2:1.

3.3. CONCLUSIONES

El programa arroja los siguientes resultados: El volumen de desmonte es de 515,55 metros cúbicos, el volumen de terraplén es de 328,55 metros cúbicos; por tanto hay un exceso de material de 191 metros cúbicos. Se dispondrá de una zona de vertedero para depositar este material sobrante.

Dado que la mayoría del suelo extraído está clasificado como tolerable, se podrá aprovechar para la construcción del terraplén donde sea preciso.

4. DISPONIBILIDAD DE TERRENOS

Dado que toda la senda discurre por terrenos pertenecientes al Dominio Público Marítimo Terrestre, no será necesario la realización de expropiaciones y bastará con solicitar los correspondientes permisos al organismo encargado de la gestión de dichos terrenos.

ANEJO 9: IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE

1.

Introducción.....

111

2.

Descripción del entorno

111

2.1.

Introducción.....

111

2.2.

Geología.....

111

2.3.

Climatología.....

111

2.4.

Flora.....

112

2.5.

Fauna.....

112

3.

Impacto de la actuación.....

113

3.1.

Impactos en la fase de construcción

113

3.2.

Impactos durante la fase de explotación.....

113

4.

Conclusión

113

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto minimizar el impacto sobre el entorno de la actuación tanto en la etapa de construcción como de explotación y siguiendo la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. En esta ley se establece la obligatoriedad de llevar a cabo una evaluación de impacto ambiental en aquellos proyectos "que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000", de la que la Ría forma parte.

2. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

2.1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Foz forma parte de la comarca de A Mariña Central (al norte de la provincia de Lugo). Se halla limitada naturalmente por el valle del río Ouro y los montes de Cabaleiros al oeste, el valle del Masma y la sierra de Cadeira por el este, y la Serra do Xistral y los montes de Neda por el sur (de donde parten cauces de agua que van a desembocar al Cantábrico).

Los ríos Ouro y Masma son los más importantes de esta comarca, cuyas máximas altitudes se encuentran en las sierras del sudoeste, con el pico Cadramón, de más de 1000 m. Desde estas tierras del interior el relieve va descendiendo fuertemente hacia el mar, cuya proximidad hace que los ríos que nacen en estas sierras se escalonen rápidamente.

Este tramo de la costa lucense que corresponde a la Mariña Central no es demasiado escarpado ni con salientes muy marcados, a pesar de encontrarse fuertemente batido por el mar, correspondiendo al tipo de costa lineal que caracteriza a la costa cantábrica. En el litoral abundan tanto las playas formadas a los pies de los acantilados, como los arenales, separados a menudo por farallones.

2.2. GEOLOGÍA

El área de estudio se desarrolla fundamentalmente sobre un zócalo (sustrato metamórfico) de materiales paleozoicos pertenecientes a la megaestructura regional en forma de manto de cabalgamiento denominada "manto de Mondoñedo".

Los elementos geomorfológicos más destacables son la "rasa" costera y la red fluvial:

- La denominada "rasa cantábrica" es una plataforma litoral de arrasamiento que se extiende a lo largo del frente costero del lado más occidental de Asturias y por el litoral oriental de Galicia, paralelamente a los relieves montañosos próximos a la costa y con una anchura superior al km.
En Foz se halla el tramo final de este aplanamiento, cuya altura apenas alcanza los 20-25 m. La superficie de la rasa, suavemente inclinada hacia el mar, aparece hendida por los cauces que la cruzan de sur a norte.
- La ría de Foz debe su formación al encajamiento en la plataforma costera de un antiguo valle fluvial que luego, debido a un movimiento de inclinación o basculamiento general, sería invadido por el mar para que la antigua desembocadura, ahora sumergida, diese origen a la actual ría. La ría presenta una morfología estrecha y comparativamente alargada, sin grandes sinuosidades y con acantilados en general bastante bajos.

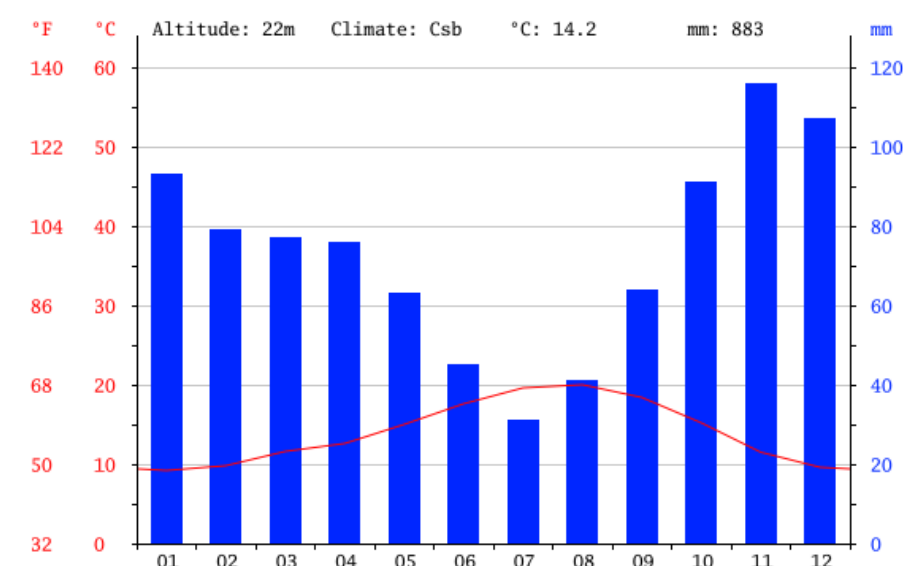
2.3. CLIMATOLOGÍA

El clima de Foz se caracteriza por su moderación térmica con una temperatura media anual de unos 14 a 15°C.

Las temperaturas medias en verano oscilan entre los 18 y 20°C.

Por lo que se refiere a las precipitaciones, el promedio anual no alcanza los 1000ml, presentándose las lluvias bajo un régimen continuo, con la consiguiente disminución durante los meses estivales.

Las direcciones de los vientos corresponden habitualmente al primer y tercer cuadrante. En términos generales nos encontramos ante un clima típicamente oceánico.



Climograma de Foz

2.4. FLORA

Analizaremos la vegetación según los tres tipos de ambientes:

- **Acantilados:** la vegetación en ellos es inusualmente variada debido a la escasa dureza de la roca. Son especies a destacar el perejil de mar y el helecho capilaria que coloniza grietas húmedas de rocas preferentemente calcáreas. Otras especies que podemos encontrar son: Armeria marítima, Angélica pachycarpa, lotus y linarias, algunas de ellas consideradas endemismos provinciales.
- **Dunas y arenales:** la vida en ellos no resulta fácil al tratarse de un suelo en continuo movimiento. En las dunas, desplazadas por el viento, las plantas necesitan largas raíces para fijarse y encontrar agua. La vegetación dunar está compuesta principalmente por Elymus, Euphoria, cardo marino, corrohuela...
- **Marismas:** en la parte más interna de la ría se acumulan los fangos en los que se forma la marisma de aguas calmas y poco profundas colonizada por plantas palustres capaces de soportar el encharcamiento y la salinidad. Debido a la importante influencia fluvial, son más abundantes en estos humedales las comunidades vegetales con menor apetencia por la sal (subhalófilas) como juncuales y carrizales, frente a las plantas de marismas halófilas, que encuentran su óptimo en las áreas de mayor salinidad.

También en el interior de la ría aparecen praderas de zostera (prados submarinos que crean un ambiente de altísimo valor ecológico) ricas en nutrientes y pobladas por infinidad de microorganismos.

Destaca además en la ría del Masma la presencia de una planta endémica: la Cochlearia aestuarica.



Elymus



Armeria marítima

2.5. FAUNA

- **Acantilados:** cuervos marinos, gaviotas, halcones y otras aves encuentran estos inaccesibles lugares ideales para anidar. Los organismos marinos tienen que adaptarse al batir de las olas: las algas acumulan carbonatos como protección, el percebe segrega sustancias cementantes y los moluscos se pegan fuertemente.
- **Arenales:** en la parte alta de la playa los animales se entierran para evitar la desecación, como las pulgas de mar que construyen complicados túneles. En el intramareal aparece una alta diversidad de moluscos bivalvos: navajas, berberechos... Otros peces como las fanecas y los rodaballos se esconden a ras de suelo.
- **Marismas:** enterrados en estos fangos viven numerosas especies de gusanos, moluscos y pequeños crustáceos que sirven de alimento a las aves limícolas de largos picos. Destacan en esta zona las aves acuáticas, la mayor parte migratorias, que resultan uno de sus más valiosos activos medioambientales. La cantidad de aves que se refugian en la ría va progresando cada año, acercándose al potencial de acogida que presenta el estuario. Entre las aves limícolas invernantes destacan por su número el zarapito real y el correlimos común; estando también presentes el ostrero, el andarríos chico, el archibebe, el chorlitejo grande, el zarapito trinador y el chorlito gris. Estas aves junto con cercetas, gallinas de río, garzas y garcetas se acercan cada invierno en busca de comida y cobijo entre los juncos.



Zarapito trinador



Chorlito común

Como conclusión se pueden considerar de alto valor las comunidades descritas ya que se trata de asociaciones autóctonas, de una relativa rareza y en buen estado de conservación, si bien no existe entre las especies inventariadas ninguna en peligro de extinción.

3. IMPACTO DE LA ACTUACIÓN

3.1. IMPACTOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

Durante la fase de construcción se producen la mayor parte de los efectos sobre el Medio Ambiente, derivados principalmente del proceso constructivo (Movimientos de tierras, maquinaria, etc...). Entre otros, algunos de los más destacados van a ser:

- **Penínsulas provisionales:** Para la construcción de la pasarela será necesaria la construcción de dos penínsulas provisionales por las que transite la maquinaria. Estas penínsulas se ejecutarán con diversas medidas de protección como láminas geotextiles o capa exterior de escollera para reducir el arrastre de materiales.
- **Movimiento de maquinaria pesada:** la maquinaria utilizada y los trabajos necesarios supondrán una sustancial contaminación acústica. Se considera que estos ruidos son inevitables; no obstante sólo se prolongarán el tiempo que requiera la actuación.
- **Ocupación de suelo:** produciendo así una afección a las viviendas y otras construcciones existentes en las inmediaciones de la vía.
- **Residuos:** Los posibles residuos generados en los trabajos de construcción serán trasladados en su totalidad fuera del entorno protegido, por lo que no afectarán al mismo.
- **Afecciones a la ría:** Debido al proceso de construcción de las cimentaciones (hincado de pilotes, encepados y construcción de pilas) se producirán impactos sobre el lecho de la ría.

3.2. IMPACTOS DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN

- **Impacto visual:** Una vez construida la estructura principal, de casi 50 metros de altura, se generará un evidente impacto visual, sobresaliendo en el paisaje actual. En su diseño se ha tenido esto en cuenta y por ello se han elegido materiales y colores acordes con el entorno.
- **Presencia humana:** El incremento de la presencia de población humana tiene diversas consecuencias sobre el medio, como pueden ser el incremento de ruido, el aumento del vertido de residuos, afecciones a la flora y a la fauna, etc...

4. CONCLUSIÓN

Se cuidarán por tanto especialmente las operaciones de construcción de las penínsulas provisionales y otras actividades con maquinaria que puedan dañar el medio, tomando las precauciones que en cada caso resulten oportunas.

Presentadas las características ambientales de la ría y los posibles impactos que sobre ella podrían recaer con la presente actuación, se considera que, con las medidas tomadas, estos son aceptables y por lo tanto el presente Estudio de Impacto Ambiental resulta favorable, con lo que no impide la consecución del presente anteproyecto.

ANEJO 10: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ÍNDICE

1.	Objeto	116
2.	Fotografías	116
Apéndice 1: Localización de las fotografías.....		120

1. OBJETO

Este anejo tiene por objeto incluir una serie de fotografías del estado actual de la zona de estudio donde se propone la implantación de la pasarela peatonal. Estas imágenes proporcionarán una fácil comprensión de las características del entorno, pudiendo observarse algunos de los condicionantes.

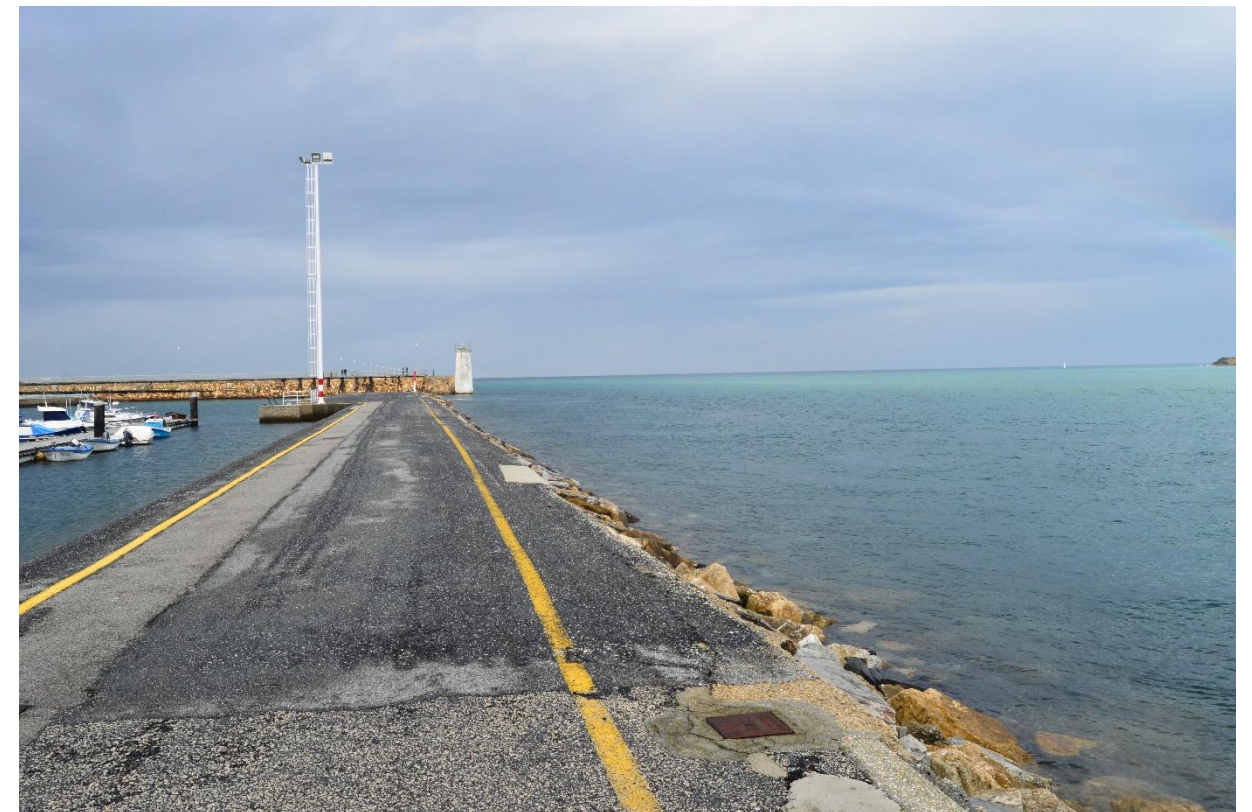
2. FOTOGRAFÍAS



Fotografía N°1



Fotografía N°2



Fotografía N°3



Fotografía N°4



Fotografía N°6



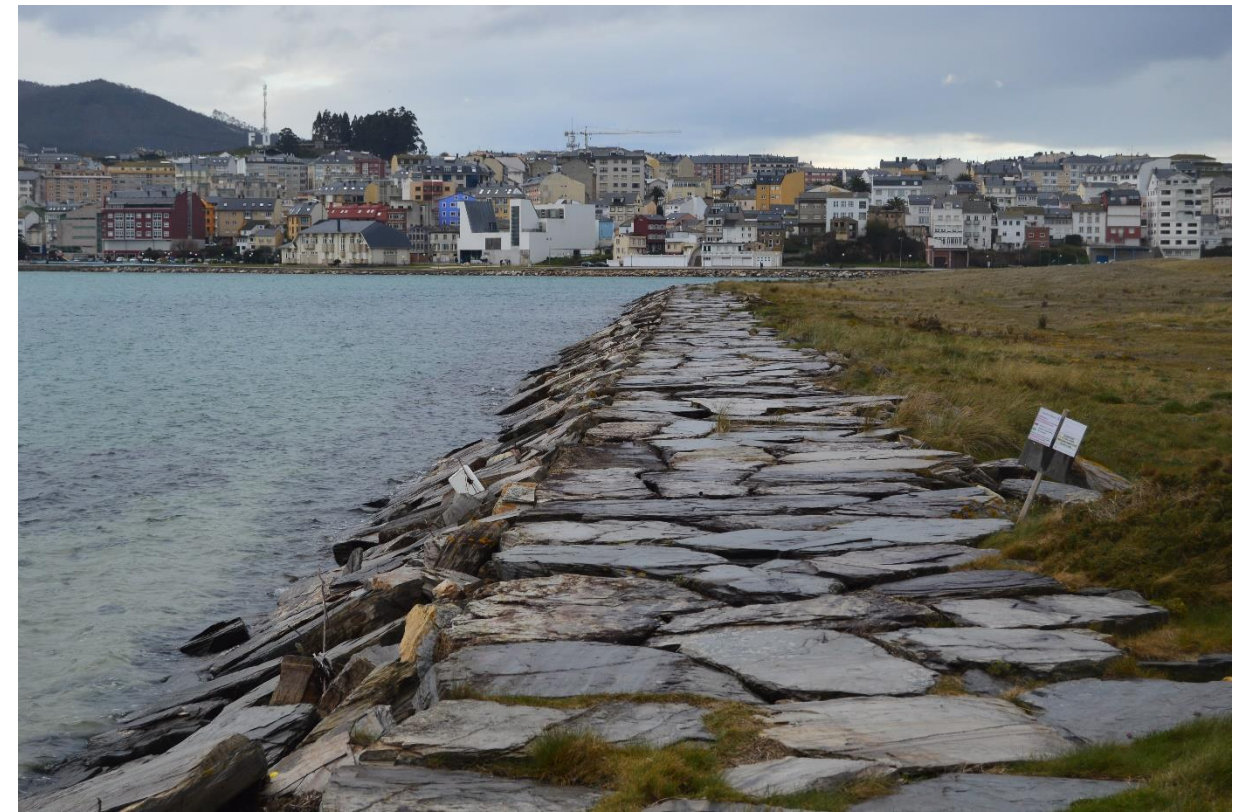
Fotografía N°5



Fotografía N°7



Fotografía N°8



Fotografía N°10



Fotografía N°9



Fotografía N°11



Fotografía N°12



Fotografía N°14



Fotografía N°13



Fotografía N°15

APÉNDICE 1: LOCALIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



Pablo Ramos Somoza

Pasarela peatonal sobre la Ría de Foz, entre Foz y Barreiros

Localización de las fotografías

Plano N°: -

Escala:
1/2000

Escala gráfica:
0 20 40 metros

Hoja N°: -

Fecha: Junio 2016